

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 1月30日  
Date of Application:

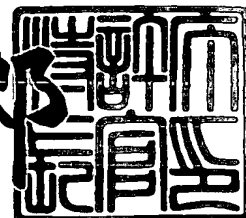
出願番号 特願2003-021423  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP2003-021423]

出願人 株式会社東芝  
Applicant(s):

2003年 7月 8日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3054017

【書類名】 特許願

【整理番号】 13B0290771

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06T 15/00

【発明の名称】 テクスチャ画像圧縮装置及び方法、テクスチャ画像抽出装置及び方法、データ構造、記憶媒体

【請求項の数】 20

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝  
研究開発センター内

【氏名】 山内 康晋

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝  
研究開発センター内

【氏名】 柳川 新悟

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝  
研究開発センター内

【氏名】 関根 真弘

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝  
研究開発センター内

【氏名】 永井 剛

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝  
研究開発センター内

【氏名】 上野 秀幸

**【発明者】**

**【住所又は居所】** 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝  
研究開発センター内

**【氏名】** 小暮 央

**【特許出願人】**

**【識別番号】** 000003078

**【氏名又は名称】** 株式会社 東芝

**【代理人】**

**【識別番号】** 100083161

**【弁理士】**

**【氏名又は名称】** 外川 英明

**【電話番号】** (03)3457-2512

**【手数料の表示】**

**【予納台帳番号】** 010261

**【納付金額】** 21,000円

**【提出物件の目録】**

**【物件名】** 明細書 1

**【物件名】** 図面 1

**【物件名】** 要約書 1

**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 テクスチャ画像圧縮装置及び方法、テクスチャ画像抽出装置及び方法、データ構造、記憶媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の異なる光源方向及び複数の異なる視点方向のそれぞれに対応した、複数のテクスチャ画像を圧縮する装置であって、  
前記複数のテクスチャ画像から、輝度値を含んだ輝度マップと色成分を含んだ光源非依存テクスチャ画像とを分離する分離部と、  
前記輝度マップを圧縮して圧縮輝度マップとそのコードブックである代表輝度マップとを生成する輝度マップ圧縮部と、  
前記光源非依存テクスチャ画像を圧縮して、光源非依存テクスチャ圧縮画像とそのコードブックである色成分変換テーブルとを生成する光源非依存テクスチャ画像圧縮部と、  
圧縮輝度マップ、代表輝度マップ、光源非依存テクスチャ圧縮画像及び色成分変換テーブルをまとめて、圧縮テクスチャを生成する圧縮テクスチャ生成部と、  
を備えるテクスチャ画像圧縮装置。

【請求項 2】

複数の異なる光源方向及び複数の異なる視点方向のそれぞれに対応した、複数のテクスチャ画像を圧縮する装置であって、  
前記複数のテクスチャ画像から、各画素が輝度値を持った輝度マップと各画素が色成分を含んだ光源非依存テクスチャ画像とを分離する分離部と、  
前記輝度マップのそれぞれについて、各輝度マップ毎に、各々を構成する画素の輝度値の取りうる値の範囲を正規化して、正規化輝度マップを生成するとともに正規化に用いる変換パラメータから輝度マップ補正画像を生成する正規化部と、  
前記正規化輝度マップを圧縮して、圧縮輝度マップとそのコードブックである代表輝度マップとを生成する輝度マップ圧縮部と、  
前記輝度マップ補正画像を圧縮して、輝度マップ補正圧縮画像とそのコードブックである補正画像変換テーブルとを生成する輝度マップ補正画像圧縮部と、

前記光源非依存テクスチャ画像を圧縮して、光源非依存テクスチャ圧縮画像とそのコードブックである色成分変換テーブルとを生成する光源非依存テクスチャ画像圧縮部と、

圧縮輝度マップと代表輝度マップと輝度マップ補正圧縮画像と補正画像変換テーブルと光源非依存テクスチャ圧縮画像と色成分変換テーブルとをまとめて、圧縮テクスチャを生成する圧縮テクスチャ生成部と、

を備えるテクスチャ画像圧縮装置。

【請求項 3】

前記分離部は、

全ての輝度マップを構成する全ての輝度値を、視点方向及びテクスチャ画像上における座標の両方が同一であるものが集まるように並べ替える手段を備えることを特徴とする請求項 2 記載のテクスチャ画像圧縮装置。

【請求項 4】

前記分離部は、

全ての輝度マップを構成する全ての輝度値を並べ替える際に、

集まった輝度値のそれぞれを、

各輝度値を識別する光源方向の方位角及び極角を、極角が 90 度となる 2 次元平面に射影して得られる座標に配置する手段を備えることを特徴とする請求項 3 記載のテクスチャ画像圧縮装置。

【請求項 5】

前記座標を配置する手段は、

光源方向の方位角を、視点方向の方位角に対する相対的な値で表すことを特徴とする請求項 4 記載のテクスチャ画像圧縮装置。

【請求項 6】

前記正規化部は、

各輝度マップ毎に、それぞれを構成する画素の輝度値の最小値が 0 で最大値が 255 になるように正規化する手段を備えることを特徴とする請求項 2 記載のテクスチャ画像圧縮装置。

【請求項 7】

前記輝度マップ圧縮部では、量子化により圧縮を行うことを特徴とする請求項 2 記載のテクスチャ画像圧縮装置。

【請求項 8】

前記光源非依存テクスチャ画像圧縮部では、ベクトル量子化により圧縮を行うことを特徴とする請求項 2 記載のテクスチャ画像圧縮装置。

【請求項 9】

前記輝度マップ補正画像圧縮部では、ベクトル量子化により圧縮を行うことを特徴とする請求項 2 記載のテクスチャ画像圧縮装置。

【請求項 10】

複数の異なる光源方向及び複数の異なる視点方向のそれぞれに対応した複数のテクスチャ画像から、前記光源方向に依存する輝度成分を含んだ第 1 の画像を求めるとともに前記光源方向に依存しない色成分を含んだ第 2 の画像とを求め、前記第 1 の画像を圧縮して第 1 の圧縮テクスチャ画像と圧縮・復元のための第 1 のコードブックとを生成し、  
前記第 2 の画像を圧縮して、第 2 の圧縮テクスチャ画像と圧縮・復元のための第 2 のコードブックとを生成し、  
前記第 1 および第 2 の圧縮テクスチャ画像と前記第 1 および第 2 のコードブックとをまとめた圧縮テクスチャを生成する、  
ことを特徴とするテクスチャ画像の圧縮方法。

【請求項 11】

複数の異なる光源方向及び複数の異なる視点方向のそれぞれに対応した、複数のテクスチャ画像を圧縮する方法であって、  
前記複数のテクスチャ画像から、各画素が輝度値を含んだ輝度マップと各画素が色成分を含んだ光源非依存テクスチャ画像とを分離し、  
前記輝度マップのそれぞれについて、各輝度マップ毎に、各々を構成する画素の輝度値の取りうる値の範囲を正規化して、正規化輝度マップを生成するとともに、正規化に用いる変換パラメータから輝度マップ補正画像を生成し、  
前記正規化輝度マップを圧縮して、圧縮輝度マップとそのコードブックである代表輝度マップとを生成し、

前記輝度マップ補正画像を圧縮して、輝度マップ補正圧縮画像とそのコードブックである補正画像変換テーブルとを生成し、  
前記光源非依存テクスチャ画像を圧縮して、光源非依存テクスチャ圧縮画像とそのコードブックである色成分変換テーブルとを生成し、  
圧縮輝度マップと代表輝度マップと輝度マップ補正圧縮画像と補正画像変換テーブルと光源非依存テクスチャ圧縮画像と色成分変換テーブルとをまとめて、圧縮テクスチャを生成するテクスチャ画像圧縮方法。

【請求項 12】

複数の異なる光源方向及び複数の異なる視点方向のそれぞれに対応する複数のテクスチャ画像を圧縮した圧縮テクスチャから、入力された任意の視点方向及び入力された任意の光源方向に対応するテクスチャ画像を抽出する装置であって、  
前記圧縮テクスチャから、代表輝度マップ及び色成分変換テーブルを抽出する変換テーブル抽出部と、  
前記圧縮テクスチャから、入力された視点方向に対応する、圧縮輝度マップ及び光源非依存テクスチャ圧縮画像を抽出するデータ抽出部と、  
前記色成分変換テーブルを用いて、前記光源非依存テクスチャ圧縮画像から、光源非依存テクスチャ画像を抽出する光源非依存テクスチャ画像抽出部と、  
前記代表輝度マップ及び前記圧縮輝度マップを用いて、入力された視点方向及び入力された光源方向におけるテクスチャ画像に関する輝度成分を算出する輝度成分算出部と、  
前記光源非依存テクスチャ画像と前記輝度成分とを用いて、テクスチャ画像を生成するテクスチャ画像生成部と、  
を備えるテクスチャ画像抽出装置。

【請求項 13】

複数の異なる光源方向及び複数の異なる視点方向のそれぞれに対応する複数のテクスチャ画像を圧縮した圧縮テクスチャから、入力された任意の視点方向及び入力された任意の光源方向に対応するテクスチャ画像を抽出する装置であって、  
前記圧縮テクスチャから、代表輝度マップ、色成分変換テーブル及び補正画像変換テーブルを抽出する変換テーブル抽出部と、

前記圧縮テクスチャから、入力された視点方向に対応する、圧縮輝度マップ及び光源非依存テクスチャ圧縮画像を抽出するデータ抽出部と、  
前記色成分変換テーブル及び前記補正画像変換テーブルを用いて、前記光源非依存テクスチャ圧縮画像から、光源非依存テクスチャ画像と輝度マップ補正画像を抽出する光源非依存テクスチャ画像抽出部と、  
前記代表輝度マップ、前記輝度マップ補正画像及び前記圧縮輝度マップを用いて、入力された視点方向及び入力された光源方向におけるテクスチャ画像に関する輝度成分を算出する輝度成分算出部と、  
前記光源非依存テクスチャ画像と前記輝度成分とを用いて、テクスチャ画像を生成するテクスチャ画像生成部と、  
を備えるテクスチャ画像抽出装置。

【請求項 14】

複数の異なる光源方向及び複数の異なる視点方向のそれぞれに対応する複数のテクスチャ画像を圧縮した圧縮テクスチャから、任意の視点方向及び任意の光源方向に対応するテクスチャ画像を抽出する装置であって、  
抽出対象のテクスチャ画像の視点方向並びに光源方向を入力する光源・視点方向入力部と、  
圧縮輝度マップ及び光源非依存テクスチャ圧縮画像及び輝度マップ補正圧縮画像と、これらの圧縮データのコードブックである、代表輝度マップ及び色成分変換テーブル及び補正画像変換テーブルとを含む圧縮テクスチャを入力する圧縮テクスチャ入力部と、  
代表輝度マップ及び色成分変換テーブル及び補正画像変換テーブルを、前記圧縮テクスチャから抽出する変換テーブル抽出部と、  
入力された視点方向に対応する、圧縮輝度マップ及び光源非依存テクスチャ圧縮画像を、圧縮テクスチャから抽出するデータ抽出部と、  
前記色成分変換テーブル及び前記補正画像変換テーブルを用いて、前記光源非依存テクスチャ圧縮画像から、光源非依存テクスチャ画像及び輝度マップ補正画像を抽出する光源非依存テクスチャ画像抽出部と、  
前記代表輝度マップ、前記輝度マップ補正画像及び前記圧縮輝度マップを用いて



、入力された視点方向及び入力された光源方向におけるテクスチャ画像に関する輝度成分を算出する輝度成分算出部と、  
前記光源非依存テクスチャ画像と前記輝度成分とを用いて、テクスチャ画像を生成するテクスチャ画像生成部と、  
を備えるテクスチャ画像抽出装置。

【請求項 15】

複数の異なる光源方向及び複数の異なる視点方向のそれぞれに対応する複数のテクスチャ画像を圧縮した圧縮テクスチャから、入力された任意の視点方向及び入力された任意の光源方向に対応するテクスチャ画像を抽出する方法であって、  
前記圧縮テクスチャから、代表輝度マップ及び色成分変換テーブルを抽出し、  
前記圧縮テクスチャから、入力された視点方向に対応する、圧縮輝度マップ及び光源非依存テクスチャ圧縮画像を抽出し、  
前記色成分変換テーブルを用いて、前記光源非依存テクスチャ圧縮画像から、光源非依存テクスチャ画像を抽出し、  
前記代表輝度マップ及び前記圧縮輝度マップを用いて、入力された視点方向及び入力された光源方向におけるテクスチャ画像に関する輝度成分を算出し、  
前記光源非依存テクスチャ画像と前記輝度成分とを用いて、テクスチャ画像を生成するテクスチャ画像抽出方法。

【請求項 16】

複数の異なる光源方向及び複数の異なる視点方向のそれぞれに対応する複数のテクスチャ画像を圧縮した圧縮テクスチャから、入力された任意の視点方向及び入力された任意の光源方向に対応するテクスチャ画像を抽出する方法であって、  
前記圧縮テクスチャから、代表輝度マップ、色成分変換テーブル及び補正画像変換テーブルを抽出し、  
前記圧縮テクスチャから、入力された視点方向に対応する、圧縮輝度マップ及び光源非依存テクスチャ圧縮画像を抽出し、  
前記色成分変換テーブルを用いて、前記光源非依存テクスチャ圧縮画像から、光源非依存テクスチャ画像を抽出し、  
前記補正画像変換テーブルを用いて、前記光源非依存テクスチャ圧縮画像から、

輝度マップ補正画像を抽出し、  
前記代表輝度マップ、前記輝度マップ補正画像及び前記圧縮輝度マップを用いて、  
入力された視点方向及び入力された光源方向におけるテクスチャ画像に関する  
輝度成分を算出し、  
前記光源非依存テクスチャ画像と前記輝度成分とを用いて、テクスチャ画像を生  
成するテクスチャ画像抽出方法。

【請求項 17】

複数の異なる光源方向及び複数の異なる視点方向のそれぞれに対応する複数の  
テクスチャ画像を圧縮した圧縮テクスチャから、任意の視点方向及び任意の光源  
方向に対応するテクスチャ画像を抽出する方法であって、  
抽出対象のテクスチャ画像の視点方向並びに光源方向を入力し、  
圧縮輝度マップ及び光源非依存テクスチャ圧縮画像及び輝度マップ補正圧縮画像  
と、これらの圧縮データのコードブックである、代表輝度マップ及び色成分変  
換テーブル及び補正画像変換テーブルとを含む圧縮テクスチャを入力し、  
代表輝度マップ及び色成分変換テーブル及び補正画像変換テーブルを、前記圧縮  
テクスチャから抽出し、  
入力された視点方向に対応する、圧縮輝度マップ及び光源非依存テクスチャ圧縮  
画像を、圧縮テクスチャから抽出し、  
前記色成分変換テーブルを用いて、前記光源非依存テクスチャ圧縮画像から、光  
源非依存テクスチャ画像を抽出し、  
前記補正画像変換テーブルを用いて、前記光源非依存テクスチャ圧縮画像から、  
輝度マップ補正画像を抽出し、  
前記代表輝度マップ、前記輝度マップ補正画像及び前記圧縮輝度マップを用いて  
、入力された視点方向及び入力された光源方向におけるテクスチャ画像に関する  
輝度成分を算出し、  
前記光源非依存テクスチャ画像と前記輝度成分とを用いて、テクスチャ画像を生  
成するテクスチャ画像抽出方法。

【請求項 18】

複数の異なる光源方向及び複数の異なる視点方向のそれぞれに対応した、複数

のテクスチャ画像を圧縮して得られる圧縮テクスチャのデータ構造であって、  
テクスチャ画像の輝度成分の正規化パラメータを圧縮・復元するための第1のコードブックと、  
テクスチャ画像の正規化された輝度成分を圧縮・復元するための第2のコードブックと、  
テクスチャ画像の色成分を圧縮・復元するための第3のコードブックと、  
視点方向を表す識別子で識別される圧縮テクスチャブロックとを有し、  
前記圧縮テクスチャブロックは、  
前記正規化パラメータを圧縮して得られる第1の圧縮データのうち前記識別子が示す視点方向に対応するものと、  
前記正規化された輝度成分を圧縮して得られる第2の圧縮データのうち前記識別子が示す視点方向に対応するものと、  
前記色成分を圧縮して得られる第3の圧縮データのうち前記識別子が示す視点方向に対応するものと、  
を備えることを特徴とするデータ構造。

【請求項19】

複数の異なる光源方向及び複数の異なる視点方向のそれぞれに対応した、複数のテクスチャ画像を圧縮して得られる圧縮テクスチャのデータ構造であって、  
テクスチャ画像上の各点の光源方向の変化に伴う輝度変化を表す輝度マップを正規化して得られる正規化輝度マップを、さらに量子化して得られる代表輝度マップと、  
テクスチャ画像から色成分のみを抽出した光源非依存テクスチャ画像をベクトル量子化して得られる色成分の変換テーブルと、  
前記輝度マップを正規化して得られる輝度マップ補正画像をベクトル量子化して得られる輝度成分の変換テーブルと、  
視点方向を表す識別子で識別される複数の圧縮テクスチャブロックとを有し、  
前記圧縮テクスチャブロックのそれぞれは、  
前記正規化輝度マップを量子化して得られる圧縮輝度マップのうち前記識別子が示す視点方向に対応するものと、

前記光源非依存テクスチャをベクトル量子化して得られる光源非依存テクスチャ圧縮画像のうち前記識別子が示す視点方向に対応するものと、  
前記輝度マップ補正画像をベクトル量子化して得られる輝度マップ補正圧縮画像のうち前記識別子が示す視点方向に対応するものと、  
を含むことを特徴とするデータ構造。

**【請求項 2 0】**

請求項 1 8 または請求項 1 9 記載のデータ構造を有する圧縮テクスチャを記憶した記憶媒体。

**【発明の詳細な説明】**

**【 0 0 0 1】**

**【発明の属する技術分野】**

本発明は、3次元コンピュータ・グラフィックス分野での高品位なテクスチャ・マッピング手法において、視点方向および光源方向に応じて変化する物体表面の光学的特性を表現する際に用いるテクスチャ画像のデータを、圧縮する装置、方法に関する。

**【 0 0 0 2】**

また、圧縮したデータからテクスチャ画像を抽出する装置、方法に関する。さらに、圧縮して生成されたデータの構造に関する。

**【 0 0 0 3】**

**【従来の技術】**

3次元物体の見え方、すなわち3次元物体の形状及び3次元物体表面の色や質感は、その3次元物体を眺める方向（視点方向）及び光を照射する方向（光源方向）によって変化する。

**【 0 0 0 4】**

3次元コンピュータ・グラフィックスの分野では、3次元物体の表面をいくつものポリゴンに分割し、各ポリゴン単位に描画して、2次元画像を生成することで3次元物体を表現している。視点方向及び光源方向の変化による3次元物体の見え方の変化は、3次元物体の表面を構成するポリゴンの向き（3次元姿勢）やポリゴンの光学的特性（輝度等）を視点方向及び光源方向に応じて変化させるこ

とにより表現することができる。

#### 【0005】

ところが、従来は描画の単位であるポリゴンの向き（3次元姿勢）を定義する法線と、視点方向あるいは光源方向との関係を計算するためには、浮動小数点精度のベクトル演算が必要で、ハード的にもソフト的にも演算コストが高く実用化されていなかった。

#### 【0006】

そこで、ポリゴンを構成する頂点単位に設定した色でポリゴン内部を一様に塗りつぶすフラットシェーディングと呼ばれる描画手法や、ポリゴンを構成する頂点単位に設定した色に基づいて単調な線形補間によってポリゴン内部に色を塗るスムーズシェーディングと呼ばれる描画手法が用いられてきた。

#### 【0007】

また、例えば模様等、ポリゴン内部のディテールも表現したいという要求に対してはテクスチャ・マッピングと呼ぶ手法が用いられる。テクスチャ・マッピングとは、模様や柄が表現された画像（テクスチャ画像）をポリゴン表面に貼り付ける（マッピング）技術である。

#### 【0008】

テクスチャ・マッピングにおいて、ポリゴンを構成する頂点単位にテクスチャ画像内の対応する画像内座標を定義してテクスチャ画像の向きを制御したり、テクスチャ画像に実写画像を用いる等の改良を行うことにより、高品質なレンダリングが可能となった。

#### 【0009】

しかし、上述の改良を行ったテクスチャ・マッピングでは、ポリゴンの3次元姿勢に関わらず単一のテクスチャ画像を貼り付けているため、視点方向や光源方向に応じて変化する物体表面の光学的特性を表現することはできない。

#### 【0010】

物体表面の光学的特性を表現するために、従来、いくつかの改良手法が提案がされている。

#### 【0011】

(1) 物体表面の法線ディテールを擬似的に変化させ、光学的な特性を変化させる手法には、バンプマッピングと呼ばれる手法が存在するが、法線のゆらし計算など3次元ベクトル計算が必要で計算コストが高いという問題がある。

#### 【0012】

(2) 一般にポリゴン表面のテクスチャ成分を視線方向、光源方向に応じて表現したものをBTF (Bi-directional Texture Function) と呼ぶ(非特許文献3)。しかし、BTFのデータにおいて、視点方向、光源方向を表す4個の変数すべてを変化させながら画像のサンプリングをおこなった例はなく、2個、あるいは3個の変数を変化させたサブセットを扱っている(非特許文献4)。

#### 【0013】

(3) 光源方向や視点方向に依存した輝度変化を関数で近似する手法としては、PTM (Polynomial Texture Mapping) と呼ばれる手法が提案されている(特許文献1)。

#### 【0014】

PTMでは、ピクセル毎の輝度変化を2次元光源方向パラメータの2次関数で近似し、その関数係数(6つ)を持つテクスチャに変換して持つ。描画時には、この関数係数テクスチャから描画対象ピクセルの関数係数を取り出す。そして、取り出した関数係数と光源方向パラメータとから積和演算を行うことで、光源依存なテクセル・カラー情報を求めている。

#### 【0015】

近年のグラフィックス・ハードウェアでは、ハードウェア上の演算ユニットをプログラマブルに利用してシェーディングを行う機能(ピクセルシェーダ)が実装されている。そのため、PTMのような演算を高速に実行させることが可能となってきた。

#### 【0016】

しかし、視点方向も含めた輝度変化を関数化する場合、さらに高次の関数化が必要となる。その結果、関数係数が増えるのみならず、関数近似にかかる時間も多大になることが予想され、視点方向と光源方向、双方に依存したテクスチャを

生成することは原理上難しい。

【0017】

(4) 一方、視点方向に応じた画像を生成する手法としては、Light Field Rendering (非特許文献1) や Lumigraph (非特許文献2) に代表されるイメージベース・レンダリング手法がある。

【0018】

イメージベース・レンダリング手法は、離散的に設定された複数視点画像から新規視点から見た画像をサンプリングによって生成しようとするものである。

【0019】

しかし、視点自由度や画質を高めようとするすると複数視点画像を大量に用意しておく必要があり、データ量が膨大になるという問題があった。

【0020】

データ量を圧縮するためには、一般に圧縮率固定のベクトル量子化 (特許文献2) や周辺視点の画像を用いた予測符号化などが用いられている。

【0021】

しかし、光源方向に依存した変化のシミュレーションは考慮されていない。

【0022】

【特許文献1】

米国特許第6297834号明細書

【特許文献2】

米国特許第6097394号明細書

【0023】

【非特許文献1】

Levoy et. al, "Light Field Rendering", Proceedings SIGGRAPH 1996, pp. 31-42.

【非特許文献2】

Gortler, et. al, "The Lumigraph", Proceedings SIGGRAPH 1996, pp. 43-54.

【非特許文献3】

Dana, et. al, " Reflectance and Texture of Real World Surfaces", ACM Transaction on Graphics, 18 (1) :1-34, 1999.

【非特許文献4】

Chen, et. al, " Light Field Mapping Efficient Representation and Hardware Rendering of Surface Light Fields", Proceedings SIGGRAPH 2002, pp. 447-456.

【0024】

【発明が解決しようとする課題】

以上述べたように、視点方向および光源方向に応じて変化する物体表面の光学的特性をテクスチャで表現しようとする、視点方向や光源方向が異なる大量のテクスチャ画像を用意する必要があったり、演算量が多いなど実用的なシステムとして利用されていなかった。

【0025】

そこで、本発明では、まず、視点方向及び光源方向に応じて変化する物体表面の光学的特性を表現するために用意した大量のテクスチャ画像データの効率的な圧縮手法を提供することを第1の目的とする。

【0026】

そして、圧縮して得られる画像データからテクスチャ画像を復元し、視点方向及び光源方向に応じて変化する物体表面の光学的特性を表現可能な描画手法を提供することを第2の目的とする。

【0027】

【課題を解決するための手段】

本発明のテクスチャ画像圧縮装置は、複数の異なる光源方向及び複数の異なる視点方向のそれぞれに対応した、複数のテクスチャ画像を圧縮する装置である。

【0028】

本発明のテクスチャ画像圧縮装置は、前記複数のテクスチャ画像から、輝度値を含んだ輝度マップと色成分を含んだ光源非依存テクスチャ画像とを分離する分



離部と、前記輝度マップを圧縮して圧縮輝度マップとそのコードブックである代表輝度マップとを生成する輝度マップ圧縮部と、前記光源非依存テクスチャ画像を圧縮して、光源非依存テクスチャ圧縮画像とそのコードブックである色成分変換テーブルとを生成する光源非依存テクスチャ画像圧縮部と、圧縮輝度マップ、代表輝度マップ、光源非依存テクスチャ圧縮画像及び色成分変換テーブルをまとめて、圧縮テクスチャを生成する圧縮テクスチャ生成部とを備える。

#### 【0029】

本発明のテクスチャ画像圧縮装置は、前記複数のテクスチャ画像から、各画素が輝度値を持った輝度マップと各画素が色成分を含んだ光源非依存テクスチャ画像とを分離する分離部と、前記輝度マップのそれぞれについて、各輝度マップ毎に、各々を構成する画素の輝度値の取りうる値の範囲を正規化して、正規化輝度マップを生成するとともに正規化に用いる変換パラメータから輝度マップ補正画像を生成する正規化部と、前記正規化輝度マップを圧縮して、圧縮輝度マップとそのコードブックである代表輝度マップとを生成する輝度マップ圧縮部と、前記輝度マップ補正画像を圧縮して、輝度マップ補正圧縮画像とそのコードブックである補正画像変換テーブルとを生成する輝度マップ補正画像圧縮部と、前記光源非依存テクスチャ画像を圧縮して、光源非依存テクスチャ圧縮画像とそのコードブックである色成分変換テーブルとを生成する光源非依存テクスチャ画像圧縮部と、圧縮輝度マップと代表輝度マップと輝度マップ補正圧縮画像と補正画像変換テーブルと光源非依存テクスチャ圧縮画像と色成分変換テーブルとをまとめて、圧縮テクスチャを生成する圧縮テクスチャ生成部とを備えていても良い。

#### 【0030】

前記分離部で輝度マップを分離する際に、光源方向の方位角を視点方向の方位角に対する相対的な値で表しても良い。圧縮効率の向上が期待できる。

#### 【0031】

前記輝度マップ圧縮部では量子化で圧縮を行っても良い。また、前記輝度マップ補正画像圧縮部及び前記光源非依存テクスチャ画像圧縮部ではベクトル量子化で圧縮を行っても良い。

#### 【0032】

また、本発明のテクスチャ画像抽出装置は、複数の異なる光源方向及び複数の異なる視点方向のそれぞれに対応した、複数のテクスチャ画像を圧縮した圧縮テクスチャから、所望の視点方向、所望の光源方向に対応するテクスチャ画像を抽出する装置である。

#### 【0033】

抽出対象のテクスチャ画像の視点方向並びに光源方向を入力する光源・視点方向入力部と、圧縮輝度マップ、光源非依存テクスチャ圧縮画像、圧縮輝度マップの変換コードである代表輝度マップ、光源非依存テクスチャ圧縮画像の変換テーブルを含む圧縮テクスチャを入力する圧縮テクスチャ入力部と、前記圧縮テクスチャから、変換テーブル及び代表輝度マップを抽出する変換テーブル抽出部と、入力された視点方向に対応する、圧縮輝度マップ及び光源非依存テクスチャ圧縮画像を、圧縮テクスチャから抽出するデータ抽出部と、前記変換テーブルを用いて、光源非依存テクスチャ圧縮画像から、光源非依存テクスチャ画像を抽出する光源非依存テクスチャ画像抽出部と、代表輝度マップと入力された光源方向とを用いて、圧縮輝度マップから、特定の視点方向・特定の光源方向における輝度成分を算出する輝度成分算出部と、前記光源非依存テクスチャ画像と前記輝度成分とを用いて、テクスチャ画像を生成するテクスチャ画像生成部とを備える。

#### 【0034】

##### 【発明の実施の形態】

(第1の実施形態) 以下、本発明の第1の実施形態のテクスチャ画像圧縮装置の構成を、図面を参照しながら説明する。

#### 【0035】

(概要) 3次元CG分野ではテクスチャ・マッピングと呼ばれる手法が広く用いられている。この手法では、物体表面を多数のポリゴンに分割し、各ポリゴン単位にテクスチャ画像を貼り付けて2次元画像を生成することで物体を表現している。

#### 【0036】

視点方向及び光源方向の変化による3次元物体の見え方の変化は、3次元物体の表面を構成するポリゴンの3次元姿勢(テクスチャ画像の3次元姿勢)や、ポ

リゴンの光学的特性（テクスチャ画像の輝度分布等の光学的特性）を視点方向及び光源方向に応じて変化させることにより表現することができる。

#### 【0037】

テクスチャ画像の光学的特性を視点方向及び光源方向により変化させるためには、物体の表面（テクスチャ）を複数の視点方向及び複数の光源方向について撮像して得られる多数のテクスチャ画像（多視点／多光源テクスチャ画像）を予め用意しておく。そして、用意した複数枚の多視点／多光源テクスチャ画像を描画対象となる物体の表面に対する視点方向や光源方向に応じて貼りかえる。

#### 【0038】

しかし、視点方向と光源方向の組み合わせは無数にある。そのためにデータ量は莫大になる。この装置では、視点方向及び光源方向が異なる多数のテクスチャ画像を圧縮するのに好適な装置である。

#### 【0039】

（構成）図1は、本実施形態のテクスチャ画像圧縮装置の構成を説明する図である。

#### 【0040】

まず、概略構成を説明する。この装置は、多視点／多光源のテクスチャ画像を入力するテクスチャ画像入力部101と、入力された多視点／多光源テクスチャ画像を、輝度成分にあたる輝度マップと色成分にあたる光源非依存テクスチャ画像とに分離する分離部102とを備える。

#### 【0041】

さらに、光源非依存テクスチャ画像を圧縮して、光源非依存テクスチャ圧縮画像とそのコードブックである色成分変換テーブルとを生成する光源非依存テクスチャ圧縮部103を備える。尚、光源非依存テクスチャ圧縮部103における圧縮手法については後述する。

#### 【0042】

また、輝度マップを正規化して正規化輝度マップを生成するとともに、正規化に用いたパラメータ（後述）を画素値とする画像である輝度マップ補正画像とを生成する正規化部104と、輝度マップ補正画像を圧縮して、輝度マップ補正圧

縮画像とそのコードブックである補正画像変換テーブルとを生成する輝度マップ補正画像圧縮部 105 と、正規化輝度マップを圧縮して、圧縮輝度マップとそのコードブックである代表輝度マップとを生成する輝度マップ圧縮部 106 とを備える。尚、輝度マップ補正画像圧縮部 105 及び輝度マップ圧縮部 106 における圧縮処理については後述する。

#### 【0043】

さらに、光源非依存テクスチャ圧縮画像と輝度マップ補正圧縮画像と圧縮輝度マップ画像と色成分変換テーブルと補正画像変換テーブルと代表輝度マップとを用いて圧縮テクスチャを生成する多重化部 107 と、圧縮テクスチャを出力する圧縮テクスチャ出力部 108 とを備える。

#### 【0044】

以下、各部について説明する。テクスチャ画像入力部 101 では入力された多視点／多光源テクスチャ画像を順次蓄積する。

#### 【0045】

多視点／多光源テクスチャ画像のそれぞれは、ある光源方向から光を照射した時に、ある視点方向から撮像して得た物体の画像を表している。各画像を構成する各画素は、例えば輝度値と色成分とを含んだデータとなっている。

#### 【0046】

分離部 102 では、まず、多視点／多光源テクスチャ画像のデータの並べ替えを行って並べ替えたテクスチャ画像を生成し、それから輝度成分にあたる輝度マップと色成分にあたる光源非依存テクスチャ画像とに分離する。

#### 【0047】

多視点／多光源テクスチャ画像のそれぞれは、視点方向と光源方向とが同一な画素の集まりとなっている。これを、視点方向と当該視点方向において同じ位置にある画素を集めるように並べ替えて、並べ替えたテクスチャ画像を生成する。従って、並べ替えたテクスチャ画像の枚数は、1 枚のテクスチャ画像を構成する画素数と視点方向数との積に等しくなる。

#### 【0048】

そして、並べ替えたテクスチャ画像それぞれについて、それぞれを構成する各

画素から輝度成分を分離して輝度マップを生成する。並べ替えたことにより、輝度マップのそれぞれは、光源方向を変えた場合の、ある視点方向・テクスチャ画像のある1点における輝度値の変化を表すマップとなっている。

#### 【0049】

一方、並べ替えた多視点／多光源テクスチャ画像のそれぞれから色成分のみを分離する。視点方向が変化しない場合、光源方向の変化に伴う多視点／多光源テクスチャ画像の各画素の色の変化は、各画素の輝度値が変化することによって発生する。すなわち、各画素の色成分は光源方向によって変化しない。

#### 【0050】

従って、輝度値とは異なり、ある視点方向・テクスチャ画像のある1画素における色成分は1つの値（もしくは1つのベクトル）である。そこで、視点方向が同じである色成分を集めて光源非依存テクスチャ画像を生成する。

#### 【0051】

光源非依存テクスチャ画像圧縮部103では、光源非依存テクスチャ画像をベクトル量子化により圧縮を行う。そして、光源非依存テクスチャ圧縮画像と、そのコードブックである色成分変換テーブルとを生成する。

#### 【0052】

正規化部104では、輝度マップの輝度値を正規化して輝度値の値域を揃える。そして、各輝度マップを正規化する際の変換パラメータを集めて画像として表現した、すなわち変換パラメータを画素値として持つ画像である、輝度マップ補正画像と、正規化輝度マップとを生成する。

#### 【0053】

輝度マップ補正画像圧縮部105では、輝度マップ補正画像をベクトル量子化により圧縮を行う。そして、輝度マップ補正圧縮画像と、そのコードブックである補正画像変換テーブルとを生成する。

#### 【0054】

輝度マップ圧縮部106では、正規化輝度マップを量子化して圧縮する。そして、圧縮輝度マップと、そのコードブックである代表輝度マップとを生成する。

#### 【0055】

多重化部 107 では、視点方向を同じくする光源非依存テクスチャ圧縮画像と、輝度マップ補正圧縮画像と、圧縮輝度マップとを、連結して圧縮テクスチャブロックを生成する。

#### 【0056】

そして、代表輝度マップと、補正画像変換テーブルと、色成分変換テーブルと、視点方向の数だけある圧縮テクスチャブロックとを連結して圧縮テクスチャを生成する。

#### 【0057】

圧縮テクスチャ出力部 108 では、生成された圧縮テクスチャを出力する。

#### 【0058】

図 2 は物体表面法線に対する視点方向およびに光源方向を表すパラメータについて説明する図である。

#### 【0059】

撮像物体表面の法線ベクトルを軸とし、撮像物体表面が赤道面（赤道を通る面）となる球極座標系を考える。この座標系において、極角  $\theta$  と方位角  $\phi$  とを用いると、入力データとして予め用意する多視点／多光源テクスチャ画像は、視点方向  $(\theta_e, \phi_e)$ 、光源方向  $(\theta_i, \phi_i)$  の 4 パラメータで指定することができる。

#### 【0060】

そこで、本実施形態では、ある特定の光源方向から光を照射した時に、ある特定の視点方向から見たテクスチャを、 $T(\theta_e, \phi_e, \theta_i, \phi_i)$  というパラメータで識別する。

#### 【0061】

尚、本実施形態のテクスチャ圧縮装置は、コンピュータで動作させるプログラムとして実現される。すなわち、コンピュータに上述の各部の機能を実現させるテクスチャ圧縮プログラムである。尚、本装置の一部あるいは全部を半導体集積回路等のハードウェアとして実現しても良い。

#### 【0062】

図 3 は本実施形態のテクスチャ圧縮プログラムを動作させるコンピュータの概

略構成を説明する図である。

#### 【0063】

このコンピュータは中央演算処理装置301と、本テキスト圧縮プログラム及び処理途中のデータの一時記憶を行うメモリ302と、本テキスト圧縮プログラム、圧縮前のデータや圧縮後のデータを格納する磁気ディスクドライブ303と、光ディスクドライブ304を備える。

#### 【0064】

また、LCDやCRT等の表示装置308と、表示装置308に画像信号を出力するインターフェースである画像出力部305と、キーボードやマウス等の入力装置309と、入力装置309からの入力信号を受けるインターフェースである入力受け付け部306とを備える。

#### 【0065】

また、この他に、外部装置との接続インターフェース（例えばUSB、ネットワークインターフェースなど）である出入力部307を備える。

#### 【0066】

本テキスト圧縮プログラムは予め磁気ディスクドライブ303に格納しておく。そして、テキスト圧縮を行う際に、磁気ディスクドライブ303から読み出されてメモリ302に展開され、中央演算処理装置301において実行される。

#### 【0067】

実行結果は磁気ディスクドライブ303に格納される。また、テキスト圧縮処理過程において利用者に処理状況等の情報を提示したり、あるいは何らかの入力を促すためのGUIを適宜画像出力部305を介して表示装置308に表示させる。

#### 【0068】

尚、圧縮処理の結果生じるデータは、磁気ディスクドライブ303に格納するだけでなく、プロセス間通信の機能（共有メモリ、パイプ等）を用いて、圧縮データを利用する他のプログラムに出力しても良い。

#### 【0069】

また、本実施形態では、本テクスチャ圧縮プログラムは、コンピュータで動作しているOS (Operating System) と協働して動作する。

#### 【0070】

(概略動作) 本テクスチャ圧縮装置全体の処理の流れを図4に示す。

#### 【0071】

(ステップ401) 輝度マップの生成と光源非依存テクスチャ画像の生成を行う。多視点／多光源テクスチャ画像それぞれを構成する各画素を、光源方向に依存して変化する輝度成分と、光源方向に依存しない色成分とに分離する。

#### 【0072】

そして、輝度成分を用いて各画素毎の、光源方向の変化に応じた輝度変化の様子を画像で表現した輝度マップを生成し、色成分から光源非依存テクスチャ画像を生成する。

#### 【0073】

本ステップにおける詳細な処理の流れについては後述する。ここでは大まかな処理の流れを説明する。

#### 【0074】

まず、多視点／多光源テクスチャ画像のデータを視点方向毎にまとめて並べ替える。図5は並べ替えの様子を説明する図である。

#### 【0075】

多視点／多光源テクスチャ画像501のそれぞれは、縦の画素数が $T_{\max\_v}$ で、横の画素数が $T_{\max\_u}$ の画像であるとする。また、各多視点／多光源テクスチャ画像を構成する各画素は、輝度値及び色成分のデータを保持している。

#### 【0076】

多視点／多光源テクスチャ画像501のそれぞれは、視点方向( $\theta_e, \phi_e$ )と光源方向( $\theta_i, \phi_i$ )とを用いて、 $T(\theta_e, \phi_e, \theta_i, \phi_i)$ という識別子で識別することができる。多視点／多光源テクスチャ画像それぞれを構成する画素( $X_n, Y_m$ )は、その視点方向かつ光源方向で撮像された場合における輝度値502と色成分503とを有する。

#### 【0077】



これを、1枚の画像が「1視点方向・テクスチャ画像上の1点」に対応するように並べ替える。すなわち、1枚の画像が、視点方向と多視点／多光源テクスチャ画像上での座標とが同一である画素の集まりになるように、並べ替える。

#### 【0078】

多視点／多光源テクスチャ画像511それぞれを構成する各画素は、視点方向と光源方向と当該画素が所属するテクスチャ画像上における座標とで識別することができる。従って、並べ替えたテクスチャ画像511上の各画素は1つの光源方向に対応する。

#### 【0079】

複数の並べ替えたテクスチャ画像511は視点方向( $\theta_e, \phi_e$ )と画素位置( $X_n, Y_m$ )とで識別される。そして並べ替えたテクスチャ画像511それぞれは多数の光源方向に対応するデータを有する。すなわち、並べ替えたテクスチャ画像511上の各画素( $X_i, Y_j$ )は、ある特定の視点方向から見た、テクスチャ上のある特定の点であって、画素( $X_i, Y_j$ )に対応するある特定の光源方向の時の画素値として輝度値512と色成分513とを情報として持つ。

#### 【0080】

並べ替えたテクスチャ画像511は、テクスチャ上のある1点を、ある視点方向( $\theta_e, \phi_e$ )から見た場合における、光源方向( $\theta_i, \phi_i$ )の変化に伴う色や輝度の変化を表す画像になる。

#### 【0081】

尚、並べ替えたテクスチャ画像511上の各画素( $X_i, Y_i$ )と、光源方向( $\theta_i, \phi_i$ )との関係は次式で表される。

$$X_i = T_{\max\_u} \times (\sin \theta_i) \times (\cos \phi_i) \quad (1)$$

$$Y_i = T_{\max\_v} \times (\sin \theta_i) \times (\sin \phi_i) \quad (2)$$

尚、ここでは説明を簡単にするために「並べ替え」という言葉を用いているが、必ずしも実際にデータの並ぶ順番を入れ替える必要は無い。単にデータを参照する際の識別子の使用順序(もしくは、メモリ上のアドレス制御)を変えるだけであっても良い。

#### 【0082】

例えば、各データを参照する際に  $(\theta_i, \phi_i) \rightarrow (\theta_e, \phi_e) \rightarrow (X_n, Y_m)$  の順番で識別子を用いて特定していたのを、 $(\theta_e, \phi_e) \rightarrow (X_n, Y_m) \rightarrow (\theta_i, \phi_i)$  の順番で識別子を用いて特定するようになるだけでも良い。

#### 【0083】

次に、並べ替えたテクスチャ画像 511 を、輝度値 512 を含む輝度マップ 521 と、光源方向に依存しない色成分 513 を含む光源非依存テクスチャ画像 531 とに分離する。図 6 は、分離する様子を説明する図である。

#### 【0084】

並べ替えたテクスチャ画像 511 それぞれの各画素を輝度値の成分と色成分とに分離する。そして、輝度値を画素値として持つ画像と、色成分を画素値として持つ画像とを生成する。

#### 【0085】

このうち、輝度値を画素値として持つ画像が輝度マップ 521 である。輝度マップ 521 は、図 5 で得られた並べ替えたテクスチャ画像 511 及びそれぞれを構成する画素の輝度値 512 をそのまま用いることができる。

#### 【0086】

一方、色成分は、並べ替えたテクスチャ画像 511 の色成分 513 から求める。そして、求めたパラメータを視点方向毎に纏めたものが光源非依存テクスチャ画像 531 である。

#### 【0087】

一般に、テクスチャ画像上の各画素の色は、色成分と輝度値との積で再現される。そこで、色成分は様々な光源方向のうちで輝度値が最大の時の画素情報をもとに求めておく。すなわち、並べ替えたテクスチャ画像 511 の 1 枚 1 枚において、最も輝度値が高い点の色成分を、光源非依存テクスチャ画像 531 の各画素の画素値とする。

#### 【0088】

具体的に説明する。光源非依存テクスチャ画像 531 は一視点方向につき 1 枚生成する。すなわち、視点方向  $(\theta_e, \phi_e)$  で識別される。そして、各光源非依存テクスチャ画像 531 内の画素  $(X_n, Y_m)$  の色成分 532 としては、座標 (

$X_n, Y_m$ ) で識別される並べ替えたテクスチャ画像 511 のなかで、最大の輝度値 512 を持った座標  $(X_i, Y_j)$  に対応する色成分 513 を検索し、これを割り当てる。

#### 【0089】

(ステップ 402) 輝度マップ 521 を量子化により圧縮して、圧縮輝度マップ 571 を生成する。

#### 【0090】

一般に、輝度マップ 521 における輝度値の値の分布は輝度マップの 1 枚 1 枚で様々に変化する。そこで、正規化によって、輝度値の値の分布 (最大値、最小値、階調) を全ての輝度マップで揃える。正規化することで量子化の効率を向上させることができる。輝度値の値の分布を揃えるとともに、各輝度マップ毎に元の分布を再現するための補正パラメータを表す輝度マップ補正画像を求めておく。

#### 【0091】

図 7 は、量子化により圧縮する前に輝度マップ 521 を正規化して、正規化された正規化輝度マップ 541 と、輝度マップ補正画像 551 とを生成する様子を示した図である。

#### 【0092】

正規化輝度マップ 541 は、後述する輝度値の整形により求める。

#### 【0093】

輝度マップ補正画像 551 とは、輝度マップ 521 を正規化する時に求めるスケール 552 とバイアス 553 とを画素値とみなし、視点方向が同じであるものを、テクスチャ画像上の座標  $(X_n, Y_m)$  の順番に従って並べた画像として求める。輝度マップ補正画像 551 は視点方向毎に生成する。また、スケール 552 及びバイアス 553 は、輝度マップ 521 を 1 枚毎に 1 組求める。

#### 【0094】

視点方向  $(\theta_e, \phi_e)$  に関する輝度マップ補正画像 551 上の点  $(X_n, Y_m)$  は、 $(\theta_e, \phi_e, X_n, Y_m)$  で識別される正規化輝度マップ 541 のバイアス 552 及びスケール 553 を画素値として持つ。すなわち、バイアス 552 及びス

ケール 553 も、輝度マップ 521 と同様に、視点方向 ( $\theta_e$ ,  $\phi_e$ ) とテクスチャ上の点 ( $X_n$ ,  $Y_m$ ) とで識別することができる。

#### 【0095】

本実施形態では、正規化の方法として、輝度マップ 521 を構成する各画素毎の輝度値を整形する方法を用いる。

#### 【0096】

この方法について簡単に説明する。本実施形態では、輝度マップ 521 を構成する各画素の輝度値を 1 バイト (0 ~ 255 までの 256 段階) で正規化するものとする。一般に、視点方向を固定して光源方向のみを変えた時における、各画素の輝度値の値の分布は 0 ~ 255 とは限らない。そこで、各画素について、輝度値の最大値を 255 に、最小値を 0 にするための変換を行う。

#### 【0097】

すなわち、ある画素の正規化前の輝度値を  $I_{orig}$ 、正規化前の輝度値の最大値及び最小値を  $I_{orig\_max}$ 、 $I_{orig\_min}$ 、正規化後の輝度値を  $I_{norm}$  とした時に、
$$I_{norm} = 255 \times (I_{orig} - I_{orig\_min}) / (I_{orig\_max} - I_{orig\_min}) \quad (3)$$

という式で表される変換を行う。

#### 【0098】

上述の変換の際に、例えば、各画素毎の輝度値の最小値及び各画素毎の輝度値の最大値と最小値との差 (値域) を求めておけば、各画素毎の正規化された輝度値から各画素毎の元の輝度値を復元することができる。すなわち、元の輝度マップを復元することができる。

#### 【0099】

本実施形態では、輝度マップ 521 それぞれにおける輝度値の最小値をバイアス 552 として、また、輝度マップ 521 それぞれにおける値域をスケール 553 として求める。そして、輝度マップ補正画像 551 の各画素の情報とする。

#### 【0100】

尚、正規化の方法としては、輝度マップ 521 を構成する画素の分布パターンを整形する方法も考えられる。

**【0 1 0 1】**

この方法について簡単に説明する。この方法では、輝度マップ 5 2 1 それぞれの画素分布パターンを正規分布パターン（平均 0、分散 1 の分布パターン）に近づける処理を行う。バイアス 5 5 2 及びスケール 5 5 3 は、輝度マップ 5 2 1 の画素分布の分散および平均を、それぞれ正規分布パターンから輝度マップ 5 2 1 の画素分布パターンへ補正するためのパラメータから求めることができる（あるいは、パラメータそのものをバイアス 5 5 2、スケール 5 5 3 としても良い）。

**【0 1 0 2】**

次に、正規化輝度マップ 5 4 1 を量子化により圧縮する。そして、インデックス 5 6 2 を含み量子化のコードブックに相当する複数の代表輝度マップ 5 6 1 と、圧縮輝度マップ 5 7 1 とを生成する。量子化の詳細な処理の流れは後述する。

**【0 1 0 3】**

図 8 は、正規化輝度マップ 5 4 1 を量子化により圧縮して、代表輝度マップ 5 6 1 及びインデックス 5 6 2 と、圧縮輝度マップ 5 7 1 とを生成する様子を示した図である。

**【0 1 0 4】**

量子化により、正規化輝度マップ 5 4 1 と同数の圧縮輝度マップ 5 7 1 と、正規化輝度マップ 5 4 1 より少ない枚数の代表輝度マップ 5 6 1 とが生成される。

**【0 1 0 5】**

また、各代表輝度マップ 5 6 1 にはインデックス 5 6 2 と呼ばれる識別子を割り当てる。本実施形態ではインデックス 5 6 2 として番号を付与するが、その他の符号（例えば、可変長符号）を割り当てても良い。

**【0 1 0 6】**

代表輝度マップ 5 6 1 とインデックス 5 6 2 との組み合わせは、一般の量子化における量子化コードブックに相当するものである。尚、以下の説明では代表輝度マップ 5 6 1 にはインデックス 5 6 2 が含まれているものとする。

**【0 1 0 7】**

代表輝度マップ 5 6 1 を構成する各画素の画素値は正規化された輝度値である。

## 【0108】

量子化により、正規化輝度マップ541のそれぞれは、インデックス562のうちのいずれかに置換され、輝度マップインデックス572となる。

## 【0109】

正規化輝度マップ541のそれぞれは視点方向とテクスチャ画像上の1点に対応しているので、正規化輝度マップ541それぞれに対応する輝度マップインデックス572を視点方向毎に集めると、輝度マップインデックス572を画素値に持つ画像を作ることができる。この画像が圧縮輝度マップ571である。

## 【0110】

(ステップ403) 光源非依存テクスチャ画像531および輝度マップ補正画像551を圧縮する。

## 【0111】

まず、ステップ402で求めた輝度マップ補正画像551のそれぞれを、画素値としてバイアス552を持った画像と画素値としてスケール553を持った画像とに分けて扱う。また、ステップ401で求めた光源非依存テクスチャ画像531のそれぞれも同様に、画素値として色成分503を持つ画像とみなす。

## 【0112】

そして、これら3種類の画像それぞれをベクトル量子化を行って圧縮する。図9は、ベクトル量子化の手法を用いて、光源非依存テクスチャ画像531から光源非依存テクスチャ圧縮画像581を生成する様子と、輝度マップ補正画像551をバイアス552に関してベクトル量子化して輝度マップ補正圧縮画像584-1を生成する様子と、輝度マップ補正画像551をスケール553に関してベクトル量子化して輝度マップ補正圧縮画像584-2を生成する様子とを説明する図である。

## 【0113】

さらに、光源非依存テクスチャ画像531の色成分に関するインデックス変換テーブル583と、輝度マップ補正画像551のバイアス552及びスケール553に関するインデックス変換テーブル587、588とが生成される。

## 【0114】

バイアス 552 及びスケール 553 に関するインデックス変換テーブル 587、588 は、上述した補正画像変換テーブルに相当する。

【0115】

本ステップにおけるベクトル量子化の詳細な処理の流れについては後述する。

【0116】

尚、本実施形態では、バイアス・スケール・色成分とを分離してベクトル量子化しているが、これらの一部若しくは全てをまとめてベクトル量子化しても良い。

【0117】

(ステップ 404) 圧縮テクスチャブロック 591 を生成する。

【0118】

圧縮輝度マップ 571 と光源非依存テクスチャ圧縮画像 581 と輝度マップ補正圧縮画像 584-1 及び 584-2 とを視点方向毎に連結して圧縮テクスチャブロック 591 を生成する。

【0119】

使用目的が同じものは、纏めておくのが望ましいと考えられる。そこで、本実施形態では、圧縮輝度マップ 571・輝度マップ補正圧縮画像 584-1・584-2・光源非依存テクスチャ圧縮画像 581 の順に連結する。ただし、この順番に限らず、他の順番で連結しても良い。

【0120】

図 10 は圧縮テクスチャブロック 591 を生成する様子を示した図である。圧縮輝度マップ 571、光源非依存テクスチャ圧縮画像 581、輝度マップ補正圧縮画像 584-1 及び 584-2 は、いずれも視点方向毎に 1 つ存在するので、これらを連結した圧縮テクスチャブロック 591 も視点方向毎に 1 つ生成されることになる。

【0121】

(ステップ 405) 圧縮テクスチャ 1100 を生成する。

【0122】

圧縮テクスチャブロック 591 と、代表輝度マップ 561 と、色成分に関する

インデックス変換テーブル 583 と、バイアス 552 に関するインデックス変換テーブル 587 と、スケール 553 に関するインデックス変換テーブル 588 とを連結して、圧縮テクスチャ 1100 を生成する。

#### 【0123】

図 11 は圧縮テクスチャ 1100 の構成例を説明する図である。圧縮テクスチャ 1100 は、ステップ 402 で生成された代表輝度マップ 561 に対応する代表輝度マップ 1101 と、ステップ 403 で生成された色成分に関するインデックス変換コード 583 である変換テーブル 1102 と、ステップ 403 で生成されたスケールに関するインデックス変換コード 587 及びバイアスに関するインデックス変換コード 588 を含んだ変換テーブル 1103 と、ステップ 404 で生成された圧縮テクスチャブロック 591 に対応する視点毎の圧縮テクスチャブロック 1104、1105、1106 とを含む。

#### 【0124】

圧縮テクスチャ 1100 をこのような構成にすることで、ある特定の視点方向に関するテクスチャのみを抽出する際に便利である。

#### 【0125】

例えば、特定の視点方向のテクスチャ画像を抽出したい場合には、代表輝度マップ 1101 と、色成分の変換テーブル 1102 と、スケール・バイアスに関する変換テーブル 1103 と、前述の所望の視点方向に関する圧縮テクスチャブロックを使って抽出することができる。

#### 【0126】

すなわち、圧縮テクスチャブロック 591 は、抽出したい視点方向のものだけが必要となる。従って、例えばコンピュータで処理を行う場合には、圧縮テクスチャのうち必要な部分だけをメモリに読み込んで必要とする視点方向・光源方向についてのテクスチャ画像の抽出処理を行うことが可能である。すなわち、少ないメモリでも抽出処理を行うことが可能となる。

#### 【0127】

(動作の詳細) 以下、図面を参照しながら、上述した各ステップに関して詳しく説明を行う。



**【0128】**

(ステップ401の詳細) 図12は上述のステップ401で行われる、多視点／多光源のテクスチャ画像501から、輝度マップ521と光源非依存テクスチャ画像531とを生成する処理の流れを説明する図である。

**【0129】**

(ステップ1201) 多視点／多光源方向で取得したテクスチャ画像の中から、どの視点方向のテクスチャ画像に注目するか、すなわち視点方向( $\theta_e$ 、 $\phi_e$ )を設定する。このステップは、テクスチャ画像の視点方向を変化させながら処理を反復するループ処理の開始点である。

**【0130】**

一般に、物体を異なる視点方向から見ると異なる形状に見える。すなわち、視点方向が異なると物体表面のテクスチャ成分そのものが異なってしまう可能性がある。しかし、物体を同じ視点方向から見ている場合は、光源方向が変わっても形状は変化しない。すなわち、視点方向が同じで光源方向が異なる場合、物体表面のテクスチャ成分は同じで、輝度成分のみが変化する。

**【0131】**

上述の性質があるため、視点方向が同じで光源方向が異なる複数のテクスチャ画像を用いると、テクスチャ画像から光源に依存する成分を分離するのに都合が良い。

**【0132】**

尚、視点方向の設定は、極角 $\theta$ と方位角 $\phi$ とを指定することで行う。例えば、多視点／多光源テクスチャ画像が、視点に関して、極角 $\theta$ 、方位角 $\phi$ それぞれについて10度刻みで( $\theta = 0 \sim 90$ 度、 $\phi = 0 \sim 350$ 度)で撮像されている場合、視点方向は( $\theta_e$ 、 $\phi_e$ ) = (10、20)という具合に指定する。

**【0133】**

(ステップ1202) テクスチャ画像上の各画素(ピクセル)を参照する際に用いる座標系であるピクセル参照座標を設定する。

**【0134】**

このステップは、テクスチャ画像上の各画素の座標を変化させながら処理を反

復するループ処理の開始点である。

#### 【0135】

輝度マップを生成する際には、テクスチャ画像上の各画素を参照して行う。そこで、各画素を指定するための座標系を設定する。本実施形態では、テクスチャ画像の横軸をX軸、縦軸をY軸とし、各画素は2次元の座標(X, Y)で指定する。

#### 【0136】

(ステップ1203) どの光源方向のテクスチャ画像に注目するか、すなわち光源方向( $\theta_i$ ,  $\phi_i$ )を設定する。

#### 【0137】

このステップは、テクスチャ画像の光源方向を変化させながら処理を反復するループ処理の開始点である。

#### 【0138】

光源方向の設定は、ステップ1201で視点方向を設定したのと同様にして行う。例えば、多視点/多光源テクスチャ画像が、光源に関して、極角 $\theta$ 、方位角 $\phi$ それぞれについて10度刻みで( $\theta=0\sim90$ 度、 $\phi=0\sim350$ 度)で撮像されている場合、光源方向は( $\theta_i$ ,  $\phi_i$ )=(60, 40)という具合に指定する。

#### 【0139】

(ステップ1204) ステップ1201で設定した視点方向( $\theta_e$ ,  $\phi_e$ )及びステップ1203で設定した光源方向( $\theta_i$ ,  $\phi_i$ )に対応するテクスチャ画像T( $\theta_e$ ,  $\phi_e$ ,  $\theta_i$ ,  $\phi_i$ )上で、ステップ1402で設定した座標(X, Y)に対応する位置にある画素の画素値を取得する。

#### 【0140】

(ステップ1205) ステップ1204で取得した画素値を、並べ替えたテクスチャ画像(上述の、並べ替えたテクスチャ画像511)に登録する。

#### 【0141】

並べ替えたテクスチャ画像は、1視点方向・テクスチャ画像上の1画素毎に1枚生成する。図13(A)は、並べ替えたテクスチャ画像上の各画素の座標と光

源方向との関係を表す図である。並べ替えたテクスチャ画像上の座標系は「並べ替えたテクスチャ画像」と同じで、並べ替えたテクスチャ画像上の各画素の座標と光源方向とが対応しており、その関係は上述の(1)式及び(2)式に示した通りである。

#### 【0142】

図13(B)は並べ替えたテクスチャの座標系を説明する図である。ステップ1204で取得した画素値を、視点方向( $\theta_e$ ,  $\phi_e$ )に対応する並べ替えたテクスチャ画像上の、光源方向( $\theta_i$ ,  $\phi_i$ )に対応する点である( $X_i$ ,  $Y_i$ )に登録する。

#### 【0143】

(ステップ1206) このステップは、ステップ1203を開始点とするループ処理の終了点である。ステップ1204からステップ1205までの処理が全ての光源方向について終了したかの判定を行う。

#### 【0144】

全ての光源方向についての処理が終了していない場合は、ステップ1203から光源方向を変えて処理を行う。終了した場合は次のステップへ進む。

#### 【0145】

ステップ1204からステップ1205までの処理が全ての光源方向について終了すると、並べ替えたテクスチャ画像が1枚完成する。

#### 【0146】

(ステップ1207) 並べ替えたテクスチャ画像を用いて、テクスチャ画像上のある画素( $X_n$ ,  $Y_m$ )に関して輝度マップを生成する。

#### 【0147】

並べ替えたテクスチャ画像の、各画素の情報を輝度値と色成分とに分離して、輝度値を持った画像と色成分を持った画像とに分ける。ここで得られる輝度値を持った画像が、特定1画素( $X_n$ ,  $Y_m$ )についての輝度マップである。

#### 【0148】

図13(C)は輝度マップの一例である。図13(B)の並べ替えたテクスチャ画像から輝度値を分離して生成されたものである。

## 【0149】

(ステップ1208) 光源非依存テクスチャ画像に、特定1画素 ( $X_n$ 、 $Y_m$ ) の色成分を登録する。

## 【0150】

並べ替えたテクスチャ画像 ( $\theta_e$ 、 $\phi_e$ 、 $X_n$ 、 $Y_m$ ) の各画素の色は、色成分に輝度情報を掛け合わせて復元できるようにする。

## 【0151】

そこで、光源非依存テクスチャ画像に登録する色成分を次のようにして求める。上述の特定1画素 ( $X_n$ 、 $Y_m$ ) についての輝度マップにおいて、輝度値が最大となる点の座標を求める。色成分を持った画像において、この点と同じ座標の点の色成分が、登録する色成分である。

## 【0152】

図13 (D) は、光源非依存テクスチャ画像にテクスチャ画像上の特定1画素 ( $X_n$ 、 $Y_m$ ) の色成分を登録する様子を表した図である。光源非依存テクスチャ画像の座標系はテクスチャ画像の座標系と同一であり、横軸をX軸、縦軸をY軸とする座標系である。

## 【0153】

(ステップ1209) ステップ1202からステップ1208までの処理が、テクスチャ画像の全ての画素について終了したかの判定を行う。

## 【0154】

終了していない場合は、ステップ1202に戻り、次の画素について輝度マップの生成と、光源非依存テクスチャ画像への色成分の登録とを行う。終了した場合は、次のステップの処理を行う。

## 【0155】

このステップが終了した段階で、特定の視点方向に関する並べ替えた輝度マップ及び光源非依存テクスチャ画像の生成が完了する。

## 【0156】

(ステップ1210) ステップ1201からステップ1209までの処理が全ての視点方向について終了したかの判定を行う。

**【0157】**

全ての視点方向について処理が終了していない場合は、ステップ1201に戻り、視点方向を変えて輝度マップの生成と光源非依存テクスチャ画像の生成とを繰り返す。このステップが終了した段階で、全ての視点方向について輝度マップ及び光源非依存テクスチャ画像の生成が完了する。

**【0158】**

尚、光源方向の方位角 $\phi_i$ の基準軸（ $\phi_i = 0$ となる線）については、図14（A）に示すように撮像物体に貼り付けるテクスチャの座標系を基にした基準軸を用いるとアルゴリズムは簡単になる。しかし、圧縮効率を高めるには、図14（C）に示すように、視点方向を撮像物体表面に投影して得られる基準軸を用いると良い。

**【0159】**

すなわち、光源方向の基準軸を視点方向に基づいて決定すると圧縮効率を高める上で良い。本実施形態では、光源方向の基準軸を視点方向に基づいて決定する。

**【0160】**

図14（B）は方位角 $\phi_i$ の基準軸が固定の場合の並べ替えたテクスチャ画像である。一方、図14（D）は方位角 $\phi_i$ の基準軸が視点方向に依存している場合の並べ替えたテクスチャ画像である。図14（B）と（D）とでは方位角 $\phi_i$ の基準軸が異なるため、同じ光源方向に対応する点は並べ替えたテクスチャ画像上の異なる位置になる。

**【0161】**

（ステップ402の詳細）図15は上述のステップ402で行われる、輝度マップの量子化処理の流れを説明する図である。特に、代表輝度マップを求める処理について説明している。尚、図15には正規化処理以降の処理について記載されている。

**【0162】**

量子化処理は大きく2つの処理に分けられる。まず視点方向を同じくする輝度マップ間で量子化を行う（ステップ1501～ステップ1509）。それから視

点方向が異なる場合についての量子化処理を行う（ステップ1510～ステップ1515）。

#### 【0163】

（ステップ1501）どの視点方向の輝度マップに注目するか、すなわち視点方向（ $\theta_e$ 、 $\phi_e$ ）を設定する。このステップは、視点方向を同じくする輝度マップ間での量子化処理の開始点となる。

#### 【0164】

（ステップ1502）ステップ1501で設定した視点方向に該当する全ての輝度マップに注目する。ここで注目している輝度マップを、以下、クラスタリング対象輝度マップと呼ぶ。

#### 【0165】

（ステップ1503）クラスタリング対象輝度マップを用いて複数枚の代表マップを求める。ここで設定する代表マップには、全クラスタリング対象輝度マップの平均値から求めたものと、平均値から所定のズレ（標準偏差に基づくズレ）を持たせたものを用いる。

#### 【0166】

（ステップ1504）クラスタリング対象輝度マップのそれぞれについて、ステップ1503で設定した、どの代表マップに最も類似するかを求める。そして、クラスタリング対象輝度マップを、最も類似する代表マップ毎に分類する。以下、この分類を「クラスタ」と呼び、各クラスタリング対象輝度マップは、それぞれが分類された「クラスタ」に所属する、と表現する。

#### 【0167】

所属するクラスタを求めるにあたっては、クラスタリング対象代表輝度マップそれぞれと、各代表マップとの間で類似度を求める。そして、最も類似する代表マップで識別されるクラスタを、当該クラスタリング対象輝度マップの所属クラスタとする。類似度は、各画素の画素値の2乗誤差累積を求めることにより算出する。

#### 【0168】

尚、類似度の算出にあたっては、各画素の画素値をベクトルの成分と見立てて

マップ間（クラスタリング対象輝度マップと代表マップとの間）でのベクトル相関値を計算しても良い。

【0169】

（ステップ1505）各クラスタ毎に、クラスタリング対象輝度マップの平均を求める。そして平均から輝度マップを生成する。ここで生成した輝度マップを当該クラスタの新規代表マップとする。

【0170】

（ステップ1506）各クラスタ毎に、新規代表マップと各クラスタリング対象輝度マップとの誤差を求める。誤差の計算には、上述の類似度の計算と同様に2乗誤差累積を用いる。

【0171】

（ステップ1507）誤差が所定の閾値以内に収束したかを判定する。収束していない場合は、ステップ1505で求めた新規代表マップを代表マップとして、ステップ1504から処理を行う。収束した場合は次のステップの処理を行う。

【0172】

（ステップ1508）最終的に求まった代表マップをメモリ上に記憶しておく。また、各クラスタリング対象輝度マップがどのクラスタに所属するかもメモリ上に記憶しておく。

【0173】

（ステップ1509）全ての視点方向について処理が終わったかを判定する。終わっていない場合は、次の視点方向についてステップ1501から処理を行う。

【0174】

終わった場合は、視点方向を同じくする輝度マップ間での量子化処理が終了したことになるので、次のステップの処理を行う。

【0175】

（ステップ1510）全ての視点方向について求めた代表マップを、クラスタリング対象代表マップとして注目する。

**【0176】**

(ステップ1511) クラスタリング対象代表マップを用いて、ステップ1503と同様にして、クラスタリング対象代表マップの代表マップを複数枚求める。以下、クラスタリング対象代表マップの代表マップを「大代表マップ」と呼ぶ。

**【0177】**

(ステップ1512) クラスタリング対象代表マップのそれぞれについて、ステップ1511で求めた大代表マップのいずれに最も類似するかを求める。求め方はステップ1504と同様に行う。そして、各クラスタリング対象代表マップを、最も類似する大代表マップ毎に分類する。

**【0178】**

以下、この分類を「大クラスタ」と呼ぶとともに、クラスタリング対象代表マップは、それぞれが分類された「大クラスタ」に所属する、と表現する。

**【0179】**

(ステップ1513) ステップ1505と同様にして、各大クラスタ毎にクラスタリング対象代表輝度マップの平均を求める。そして平均から輝度マップを生成する。ここで生成した輝度マップを当該大クラスタの新代表マップとする。

**【0180】**

(ステップ1514) ステップ1506と同様にして、各大クラスタ毎に新代表マップと各クラスタリング対象代表マップとの誤差を求める。

**【0181】**

(ステップ1515) ステップ1514で求めた誤差が所定の閾値以内に収束しているかを判定する。収束していない場合は、ステップ1513で求めた新代表マップを大代表マップとして、ステップ1512から処理を行う。

**【0182】**

収束した場合は、ステップ1513で求めた新代表マップを量子化の結果生成された代表輝度マップとするとともに、各代表輝度マップに識別子（インデックス）を割り当てる。

**【0183】**



また、量子化の過程で輝度マップそれぞれが、どの代表輝度マップで識別されるクラスタに所属するかが求まっている。そこで、輝度マップそれぞれを、それぞれが所属するクラスタに対応する代表輝度マップのインデックスで置換する。すると、輝度マップ（輝度値の集まり）が、わずか1つのインデックスで表現できる。すなわち、インデックスで置換することにより、データを圧縮することができる。

#### 【0184】

各輝度マップを表すインデックスを、視点方向を同一にするもの毎にまとめ、各インデックスを画素値とみなして画像を生成する。すると、図8の圧縮輝度マップ571になる。

#### 【0185】

（ステップ403の詳細）上述のステップ403で行われる、光源非依存テクスチャ画像531及び輝度マップ補正画像551のベクトル量子化処理について説明する。

#### 【0186】

図9に示すように、光源非依存テクスチャ画像531及び輝度マップ補正画像551のそれぞれは1つの視点方向に対応しており、各画素はテクスチャ画像上の点に対応する。

#### 【0187】

光源非依存テクスチャ画像531及び輝度マップ補正画像551のそれぞれを画像とみなして、画像圧縮の手法を応用してデータ圧縮を行う。本実施形態では、データ圧縮の手法としてベクトル量子化の手法を用いる。

#### 【0188】

尚、前述したように、本実施形態では、光源非依存テクスチャ画像531の色成分502と、輝度マップ補正画像551のバイアス552と、輝度マップ補正画像551のスケール553との、それぞれについてベクトル量子化を行うこととする。

#### 【0189】

図16は、光源非依存テクスチャ画像531及び輝度マップ補正画像551の

ベクトル量子化処理の流れを説明する図である。ここでは代表して、光源非依存テクスチャ画像 531 の色成分 502 を例に説明を行う。

#### 【0190】

(ステップ 1601) 初期代表ベクトルを設定する。

#### 【0191】

まず、各画像において、4 画素×4 画素を 1 ブロックとしてベクトルを構成する。例えば、RGB カラー画像ならば、4 画素×4 画素×3 次元 (R・G・B) = 48 次元のベクトル情報となる。

#### 【0192】

これらのベクトルを用いて、複数の代表ベクトルを生成する。本ステップでの代表ベクトルの生成手法は任意で構わないが、本実施形態では、全ベクトルの平均と、そこから所定のズレ (標準偏差に基づくズレ) を持たせたものを生成する。

#### 【0193】

(ステップ 1602) 各ベクトルの所属クラスタを求める。

#### 【0194】

各ベクトルについて、どの代表ベクトルに最も類似するかを調べる。ユークリッド距離が最も近い代表ベクトルを、最も類似する代表ベクトルとする。

#### 【0195】

そして、各ベクトルを、最も類似する代表ベクトル毎に分類する。以下、この分類を「クラスタ」と呼ぶとともに、各ベクトルはそれぞれが分類された「クラスタ」に所属する、と表現する。

#### 【0196】

(ステップ 1603) 各クラスタ毎に、所属するベクトルの平均を求める。平均のベクトルを、当該クラスタの新規な代表ベクトルとする。

#### 【0197】

(ステップ 1604) 各クラスタ毎に、ステップ 1603 で求めた新規な代表ベクトルと、当該クラスタに所属する各ベクトルとの誤差を算出する。

#### 【0198】

(ステップ1605) ステップ1604で算出した誤差が、所定の閾値以下に収束したか判定する。収束していない場合は、ステップ1603で求めた新規な代表ベクトルを代表ベクトルとして、ステップ1602以降の処理を行う。

#### 【0199】

収束した場合は、各クラスタに識別子（インデックス）を付与するとともに、各クラスタの代表ベクトルとインデックスとの関係を表すインデックス変換コードを生成する。さらに、各ベクトルを所属するクラスタのインデックスで置換する。これによりデータを圧縮することができる。

#### 【0200】

(本実施形態の効果) 以上に説明したように、本実施形態のテクスチャ圧縮装置を用いれば、大量のテクスチャ画像のデータを効率よく蓄積することができる。

#### 【0201】

このことを具体的な例を挙げて示す。例えば、次のようなテクスチャ画像を扱うとする。

- ・ 画像のサイズは256画素×256画素
- ・ 各画素のデータはRGB各1Byteずつの計3Byte

このようなテクスチャ画像を、光源方向サンプル数288サンプル（ $\theta$ 方向36サンプル、 $\phi$ 方向8サンプル）、同じく視点方向サンプル数288サンプル（ $\theta$ 方向36サンプル、 $\phi$ 方向8サンプル）取得する。テクスチャ総データ量は、 $(256 \times 256) \times 3 \times (36 \times 8) \times (36 \times 8) = 16.3 \text{ GByte}$ になる。

#### 【0202】

これを、本実施形態のテクスチャ圧縮装置を用いて圧縮する。光源非依存なテクスチャ画像を、量子化精度16bit、ベクトル量子化のブロックサイズは4画素×4画素の条件で圧縮する。データ量は、変換テーブル（色成分、スケール、バイアス）に関しては、 $65536 \times 4 \times 4 \times (3+2) = 5.2 \text{ MByte}$ となり、インデックスで表現されたテクスチャで $((256/4) \times (256/4)) \times (36 \times 8) \times 2 \times 3 = 7.2 \text{ MByte}$ となる。

## 【0203】

次に、輝度マップに関して考える。一般に画像内における輝度の変化は色成分に比べて緩やかであるので、輝度マップは画像よりも少ない画素で表現することが多い。ここでは、輝度マップのサイズを64画素×64画素とする。

## 【0204】

また、輝度値は1Byteで表わす。そして、代表輝度マップは256枚(1Byteで表現可能な最大数)生成する。

## 【0205】

以上の条件で輝度マップを圧縮する。データ量は、代表輝度マップで $(64 \times 64) \times 1 \times 256 = 1 \text{ MByte}$ となり、量子化された輝度マップで $(256 \times 256) \times 1 \times (36 \times 8) = 19 \text{ MByte}$ となる。

## 【0206】

従って、圧縮テクスチャのデータ量は総計33MByte程度で済む。圧縮前は16.3GByteであったのが33MByte程度まで圧縮されている。

## 【0207】

また、輝度マップの圧縮を代表輝度マップを用いて行っているので、圧縮テクスチャから所望の視点方向及び所望の光源方向に対応するテクスチャ画像を抽出する際に、圧縮テクスチャの一部のデータがあれば良い。これにより、視点方向や光源方向が変化した際に、圧縮テクスチャのうち注目しなおすデータ量が少なく済む。すなわち、テクスチャ画像に対するランダムアクセス性能に優れている。

## 【0208】

(第2の実施形態) 以下、図面を参照して本発明の第2の実施形態について説明する。

## 【0209】

本実施形態はテクスチャ抽出装置であり、第1の実施形態のテクスチャ圧縮装置によって生成された圧縮テクスチャから、所望の視点方向及び所望の光源方向におけるテクスチャ画像を抽出するのに好適な装置である。

## 【0210】

すなわち、本実施形態のテクスチャ抽出装置は、図 11 に示したデータ構造を持った圧縮テクスチャ（代表輝度マップ 1101 と変換テーブル 1102 及び 1103 と、圧縮テクスチャブロック 1104 ～ 1106 とを含む）から、所望の視点方向及び所望の光源方向におけるテクスチャ画像を抽出する装置である。

#### 【0211】

尚、第 1 の実施形態のテクスチャ圧縮装置と同様、本実施形態のテクスチャ抽出装置もコンピュータ上で動作するプログラムとして構成されるものとするが、本装置の構成の一部ないし全部を半導体集積回路等のハードウェアで実現しても構わない。

#### 【0212】

（構成）図 17 は、本実施形態のテクスチャ抽出装置の構成を説明する図である。

#### 【0213】

本テクスチャ抽出装置は、以下の構成を備える。

- ・圧縮テクスチャを入力する圧縮テクスチャ入力部 1701。
- ・抽出すべきテクスチャの視点方向を入力する視点方向入力部 1702。
- ・抽出すべきテクスチャの光源方向を入力する光源方向入力部 1703。

#### 【0214】

・入力された圧縮テクスチャから代表輝度マップを取得して輝度成分算出部 1707 に出力するとともに、入力された圧縮テクスチャから色成分、スケール、バイアス等の変換テーブルを抽出して光源非依存テクスチャ画像生成部 1706 に出力する変換テーブル抽出部 1704。

・入力された圧縮テクスチャの中から、入力された視点方向に対応する圧縮テクスチャブロックを抽出し、抽出した圧縮テクスチャブロックのうち、圧縮輝度マップを輝度成分算出部 1707 に出力するとともに、光源非依存テクスチャ圧縮画像を光源非依存テクスチャ画像生成部 1706 に出力するデータ抽出部 1705。

#### 【0215】

- ・色成分、スケール、バイアス等の変換テーブルを用いて、光源非依存テクス

チャ圧縮画像から、光源非依存テクスチャ画像と輝度マップ補正画像とを抽出する光源非依存テクスチャ画像抽出部 1706。

- ・代表輝度マップと輝度マップ補正画像と入力された光源方向とを用いて、圧縮輝度マップから、特定の視点方向・特定の光源方向における輝度成分を算出する輝度成分算出部 1707。

- ・算出された輝度成分と生成された圧縮輝度マップとを用いてテクスチャ画像を求めるテクスチャ画像生成部 1708。

- ・生成されたテクスチャ画像を出力するテクスチャ画像出力部 1709。

#### 【0216】

(動作) 以下、図 18 を用いて本実施形態のテクスチャ抽出装置における抽出処理の流れを説明する。

#### 【0217】

(ステップ 1801) 入力された圧縮テクスチャから、代表輝度マップと色成分・スケール・バイアスの変換テーブルを抽出する。

#### 【0218】

第 1 の実施形態のテクスチャ圧縮装置で説明したように、圧縮テクスチャ内特定位置 (図 11) に格納された代表輝度マップ、およびに光源非依存テクスチャ画像および輝度マップ補正画像の抽出に必要な変換テーブルを取得する。

#### 【0219】

(ステップ 1802) 入力された圧縮テクスチャから、入力された視点方向に対応する圧縮テクスチャブロックを抽出する。

#### 【0220】

描画時に必要な視点方向は、図 19 に示すように描画対象平面の法線を中心とした 3 次元相対座標系を定義し、この座標系における極座標系 ( $\theta_e$ ,  $\phi_e$ ) で表現する。このようにして表現された視点方向を用いて抽出に必要な圧縮テクスチャブロックを取得する。

#### 【0221】

また、光源方向の基準軸 ( $\phi_e = 0$  となる軸) は第 1 の実施形態と同様  $\phi_e$  を基準に定義する。すなわち、光源方向の基準軸を視点方向に応じて変化させる。

**【0222】**

図11に示したように、圧縮テクスチャ内において、圧縮テクスチャブロックは視点方向毎にブロック化されているので、視点方向毎にテクスチャ・ブロックを取り出す。尚、さらに抽出したい画素を含む小さいブロック単位で取り出してもよい。

**【0223】**

(ステップ1803) 圧縮テクスチャブロックから、圧縮輝度マップと光源非依存テクスチャ圧縮画像とを抽出する。

**【0224】**

(ステップ1804) 色成分の変換テーブルを用いて、光源非依存テクスチャ圧縮画像から、光源非依存テクスチャ画像を抽出する。

**【0225】**

光源非依存テクスチャ圧縮画像はベクトル量子化されている。そのため、各画素の画素値はインデックスになっている。インデックスは変換テーブルを用いることで元の(ベクトル量子化前の)値に変換することができる。

**【0226】**

そこで、光源非依存テクスチャ圧縮画像に対して色成分の変換テーブルを用いて、各画素の情報を変換テーブルの値で置換していくことにより光源非依存テクスチャ画像を抽出することができる。

**【0227】**

(ステップ1805) スケール及びバイアスの変換テーブルを用いて、光源非依存テクスチャ圧縮画像から、輝度マップ補正画像を抽出する。

**【0228】**

ステップ1804で光源非依存テクスチャ画像を抽出したのと同様にして、光源非依存テクスチャ圧縮画像のうち輝度マップ補正画像に対応するデータに対して、スケール及びバイアスの変換テーブルを用いた置換を行う。こうすることで輝度マップ補正画像を抽出することができる。

**【0229】**

第1の実施形態において説明したように、代表輝度マップの各画素の輝度値は

、本来の画素値に対して前述した正規化処理によって変換された値である。これを、元の値に補正するためのパラメータの集まりが輝度マップ補正画像である。輝度マップ補正画像の各画素は、補正のためのパラメータである、バイアスとスケールとを持つ。このステップではこれらのパラメータを取得するための処理を行っている。

#### 【0230】

光源非依存テクスチャ圧縮画像はベクトル量子化されているので、ベクトル量子化のインデックス情報であるスケール及びバイアスの変換テーブルを用いて、輝度マップ補正画像を抽出している。

#### 【0231】

(ステップ1806) 入力された光源方向と、抽出された代表輝度マップと、圧縮輝度マップとを用いて、正規化された輝度成分を算出する。

#### 【0232】

正規化された輝度成分を算出するには、まず、圧縮輝度マップの各点の画素値を取得する。当該画素値をインデックスに持つ代表輝度マップに着目する。そして、この代表輝度マップ上で、入力された光源方向に対応する点の画素値を取得すればよい。

#### 【0233】

なぜならば、前述したように圧縮輝度マップの各点の画素値は、代表輝度マップを指定するインデックスとなっている。また、代表輝度マップ上で、光源方向に対応する点の輝度値が、テクスチャ画像のある1点の正規化された輝度値となっているからである。

#### 【0234】

この処理をテクスチャ画像上の全ての点に関して行くと、ある視点方向・ある光源方向におけるテクスチャ画像全体の正規化された輝度値が得られる。

#### 【0235】

尚、代表輝度マップ上の各点と光源方向との対応関係は上述の式(1)(2)で表される。

#### 【0236】



(ステップ1807) ステップ1805で抽出して得られた輝度マップ補正画像を用いて、算出された輝度成分を補正する。

#### 【0237】

各画素の輝度値が、前述の式(3)を用いて1バイト(0～255までの256段階)に正規化されている場合、ある画素の補正前の輝度値を $I_{norm}$ 、スケールを $Scale$ 、バイアスを $Bias$ と表現すると、補正後の輝度成分 $I_{orig}$ の算出式は以下になる。

$$I_{orig} = (I_{norm} \times Scale / 255) + Bias \quad (4)$$

(ステップ1808) 抽出して得られた光源非依存テクスチャ画像と補正された輝度成分とを用いて、テクスチャ画像を生成する。

#### 【0238】

光源非依存テクスチャ画像の各点の画素値に、対応する点の輝度成分を掛け合わせることで、通常の画素値を持ったカラー画像を生成することができる。

#### 【0239】

(まとめ) 以上に説明したように、本実施形態のテクスチャ抽出装置を用いれば、圧縮テクスチャから、所望の視点方向、所望の光源方向におけるテクスチャ画像を抽出することができる。

#### 【0240】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、視点方向及び光源方向によって変化するテクスチャ画像を圧縮し、少ないデータ量で保持できる。また、圧縮したテクスチャ画像のデータから、所望の視点方向、所望の光源方向におけるテクスチャ画像を容易に抽出することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】 第1の実施形態のテクスチャ圧縮装置の構成を説明する図。

【図2】 物体表面法線に対する視点方向および光源方向を表すパラメータについて説明する図。

【図3】 コンピュータの概略構成を説明する図である。

【図4】 第1の実施形態のテクスチャ圧縮装置の動作を説明する図。

【図 5】 多視点／多光源テクスチャ画像の並べ替えの様子を説明する図。

【図 6】 並べ替えたテクスチャ画像を輝度マップと光源非依存テクスチャ画像とに分離する様子説明する図。

【図 7】 輝度マップを正規化する様子説明する図。

【図 8】 正規化輝度マップを量子化する様子説明する図。

【図 9】 光源非依存テクスチャ画像と輝度マップ補正画像とをベクトル量子化する様子説明する図。

【図 10】 圧縮テクスチャブロックを生成する様子説明する図。

【図 11】 圧縮テクスチャのデータ構造説明する図。

【図 12】 多視点／多光源の輝度マップから、輝度マップと光源非依存テクスチャ画像を生成する処理の流れ説明する図。

【図 13】 (A) 並べ替えたテクスチャ画像上の各画素の座標と光源方向との関係を表す図。(B) 並べ替えたテクスチャの座標系説明する図。(C) 輝度マップの一例説明する図。(D) 光源非依存テクスチャ画像の一例説明する図。

【図 14】 (A) 光源方向を適当な基準軸を用いて定義した場合の座標系の例。(B) 光源方向を適当な基準軸を用いて定義した場合の輝度マップの例。(C) 光源方向の基準軸を視点方向に基づいて定義した場合の座標系の例。(D) 光源方向の基準軸を視点方向に基づいて定義した場合の輝度マップの例。

【図 15】 輝度マップに対する量子化処理の流れ説明する図。

【図 16】 光源非依存テクスチャ画像及び輝度マップ補正画像に対するベクトル量子化処理の流れ説明する図。

【図 17】 第 2 の実施形態のテクスチャ抽出装置の構成説明する図。

【図 18】 第 2 の実施形態のテクスチャ抽出装置における抽出処理の流れ説明する図。

【図 19】 抽出処理の際に使用する視点方向を表現する座標系説明する図。

【符号の説明】

101 テクスチャ画像入力部

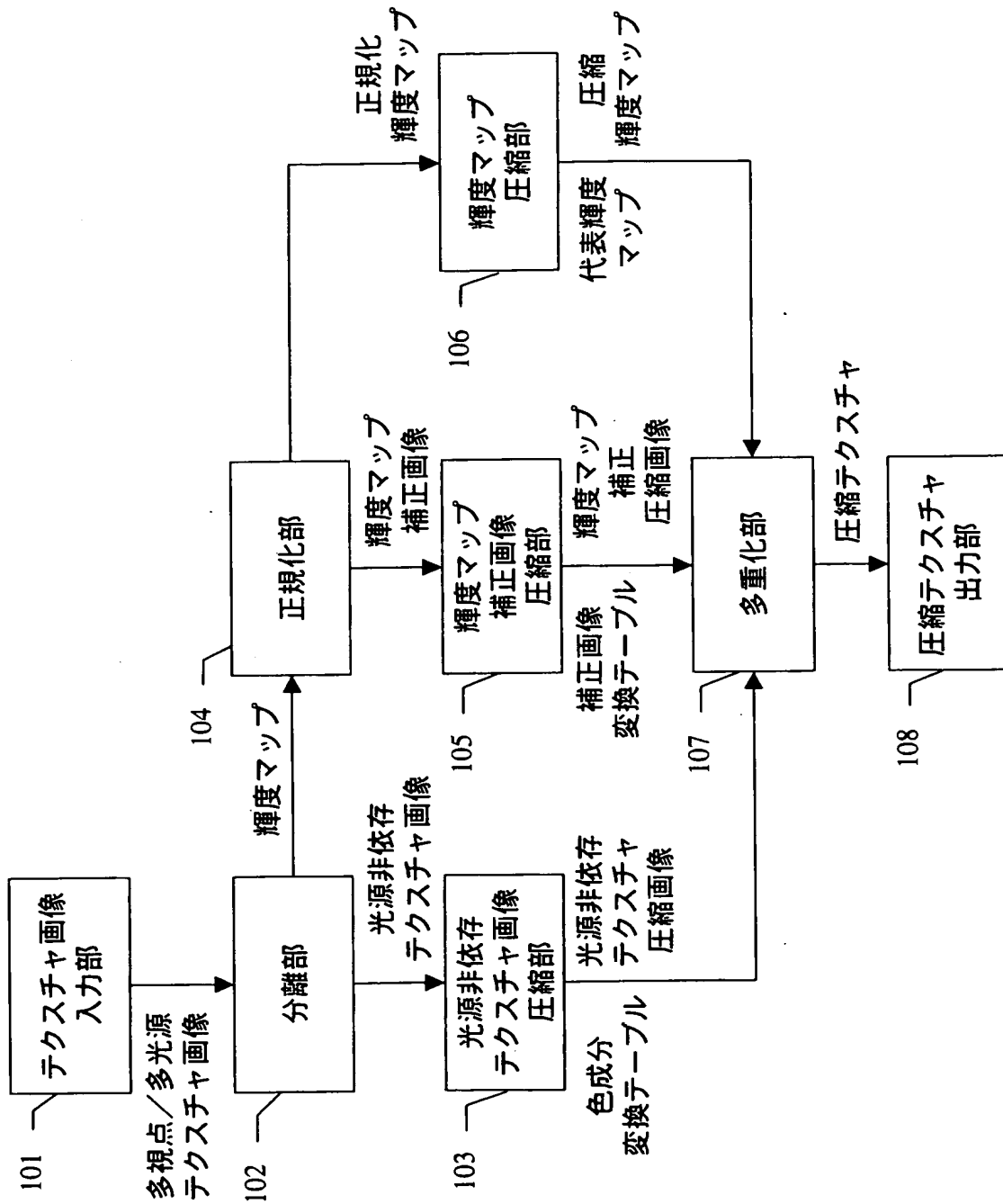
102 分離部

- 1 0 3 光源非依存テクスチャ画像圧縮部
- 1 0 4 正規化部
- 1 0 5 輝度マップ補正画像圧縮部
- 1 0 6 輝度マップ圧縮部
- 1 0 7 多重化部
- 1 0 8 圧縮テクスチャ出力部
- 1 7 0 1 圧縮テクスチャ入力部
- 1 7 0 2 視点方向入力部
- 1 7 0 3 光源方向入力部
- 1 7 0 4 変換テーブル抽出部
- 1 7 0 5 データ抽出部
- 1 7 0 6 光源非依存テクスチャ画像抽出部
- 1 7 0 7 輝度成分算出部
- 1 7 0 8 テクスチャ画像生成部
- 1 7 0 9 テクスチャ

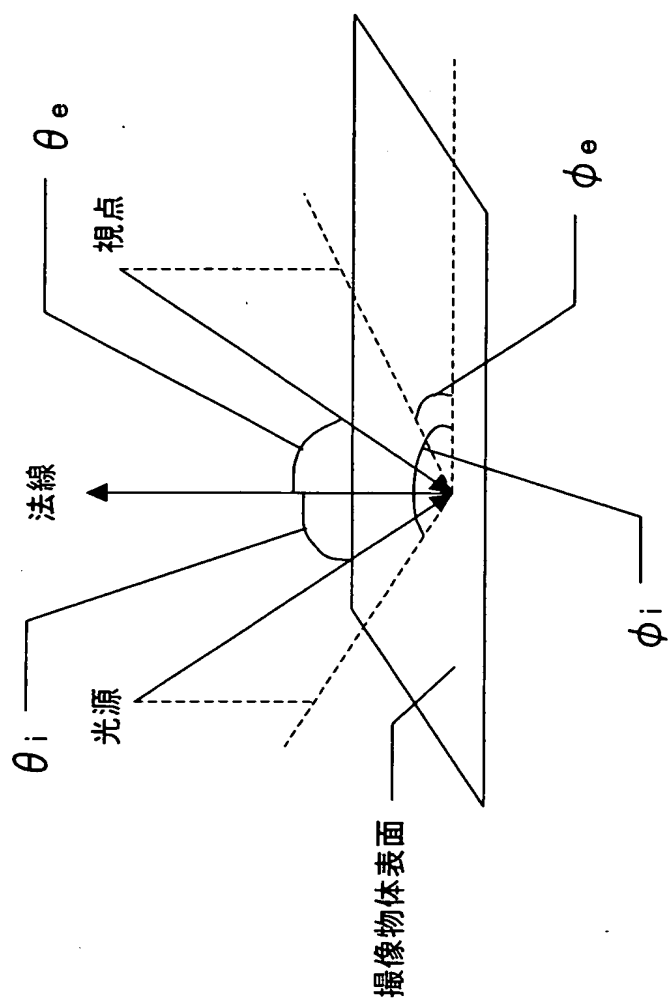
【書類名】

図面

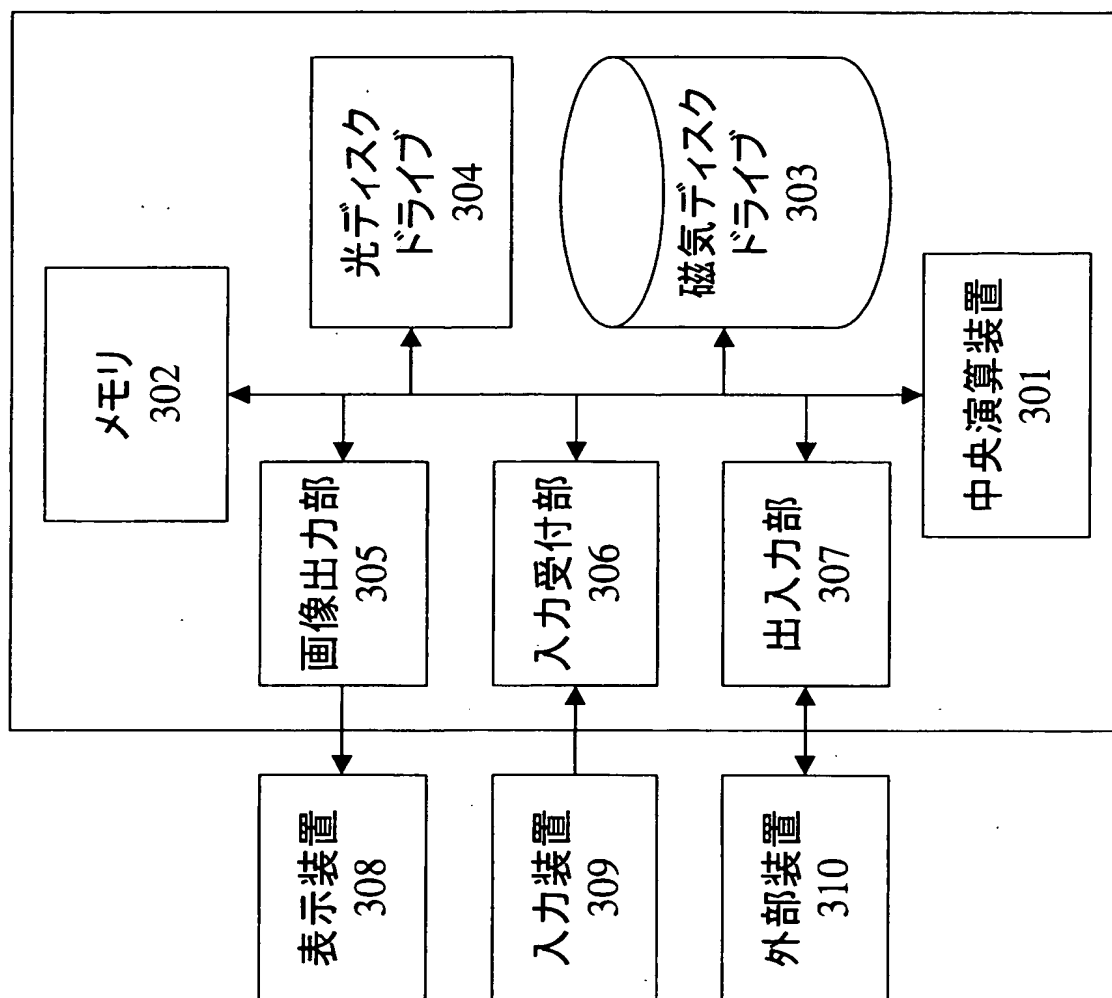
【図 1】



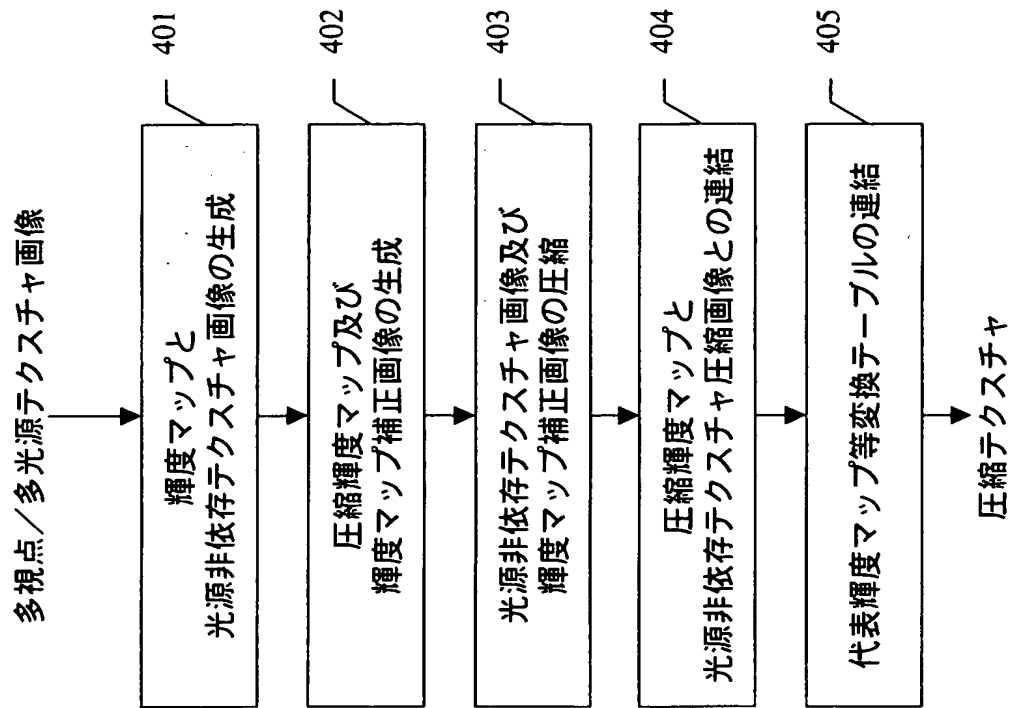
【図 2】



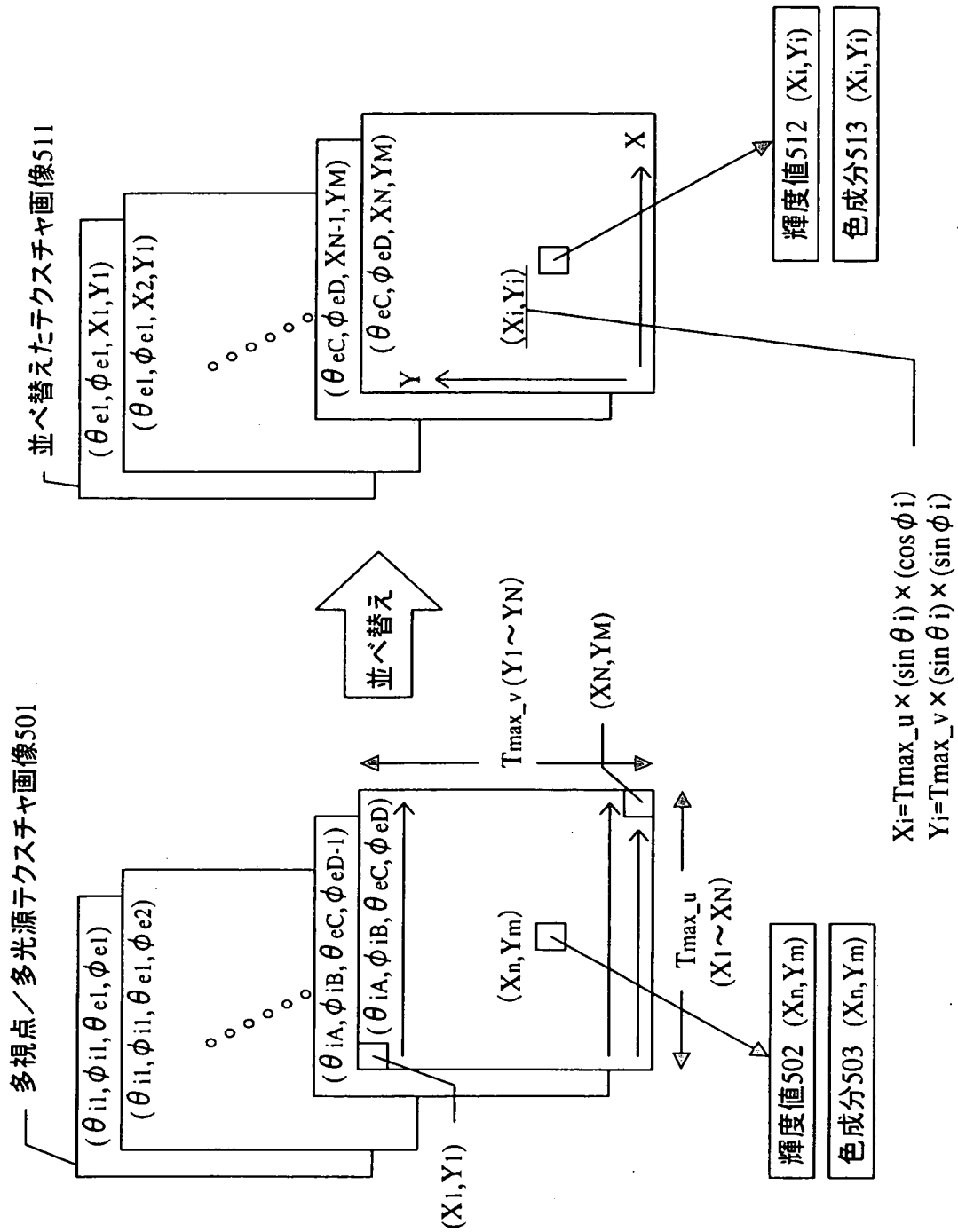
【図 3】



【図 4】

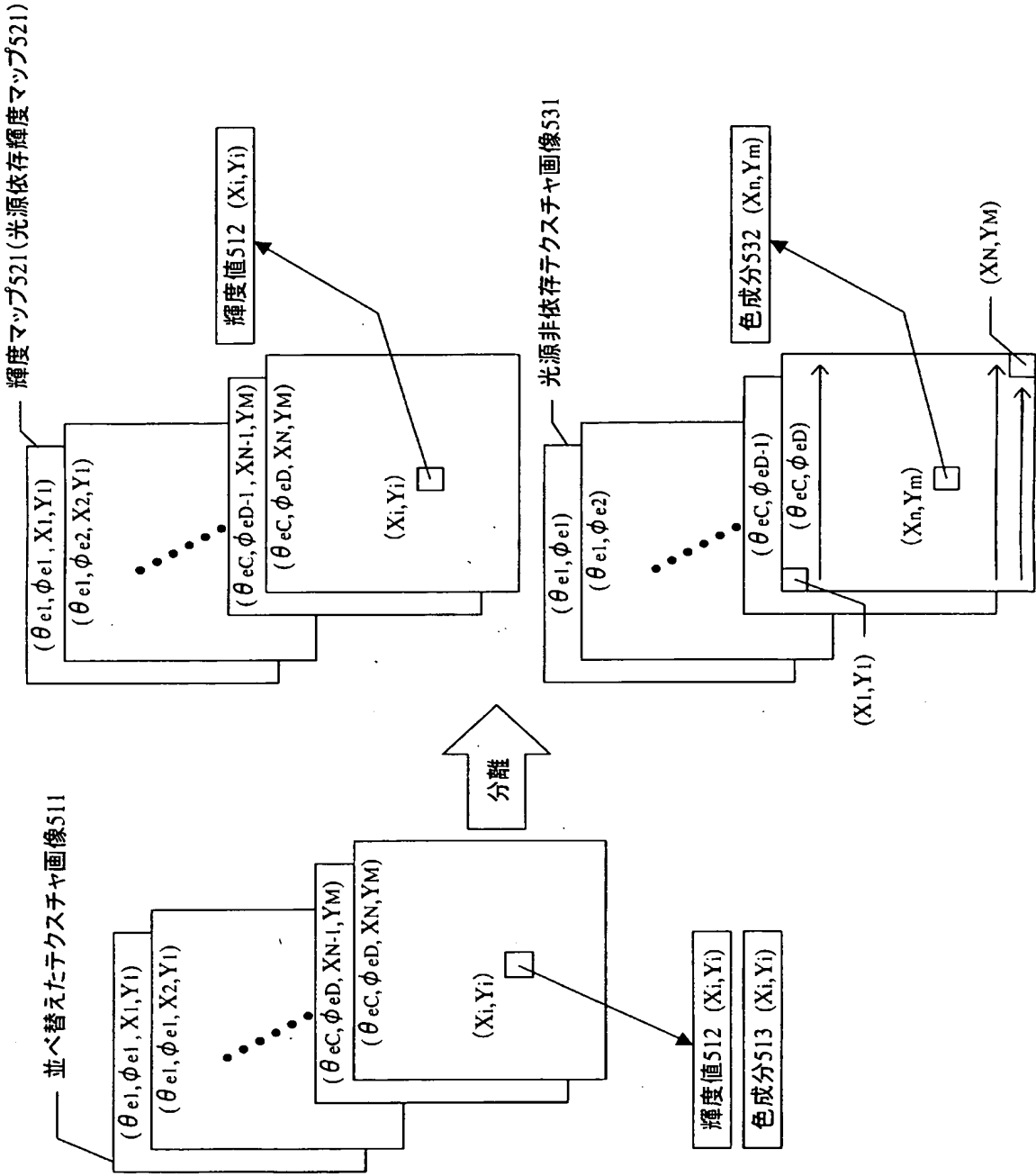


【図 5】

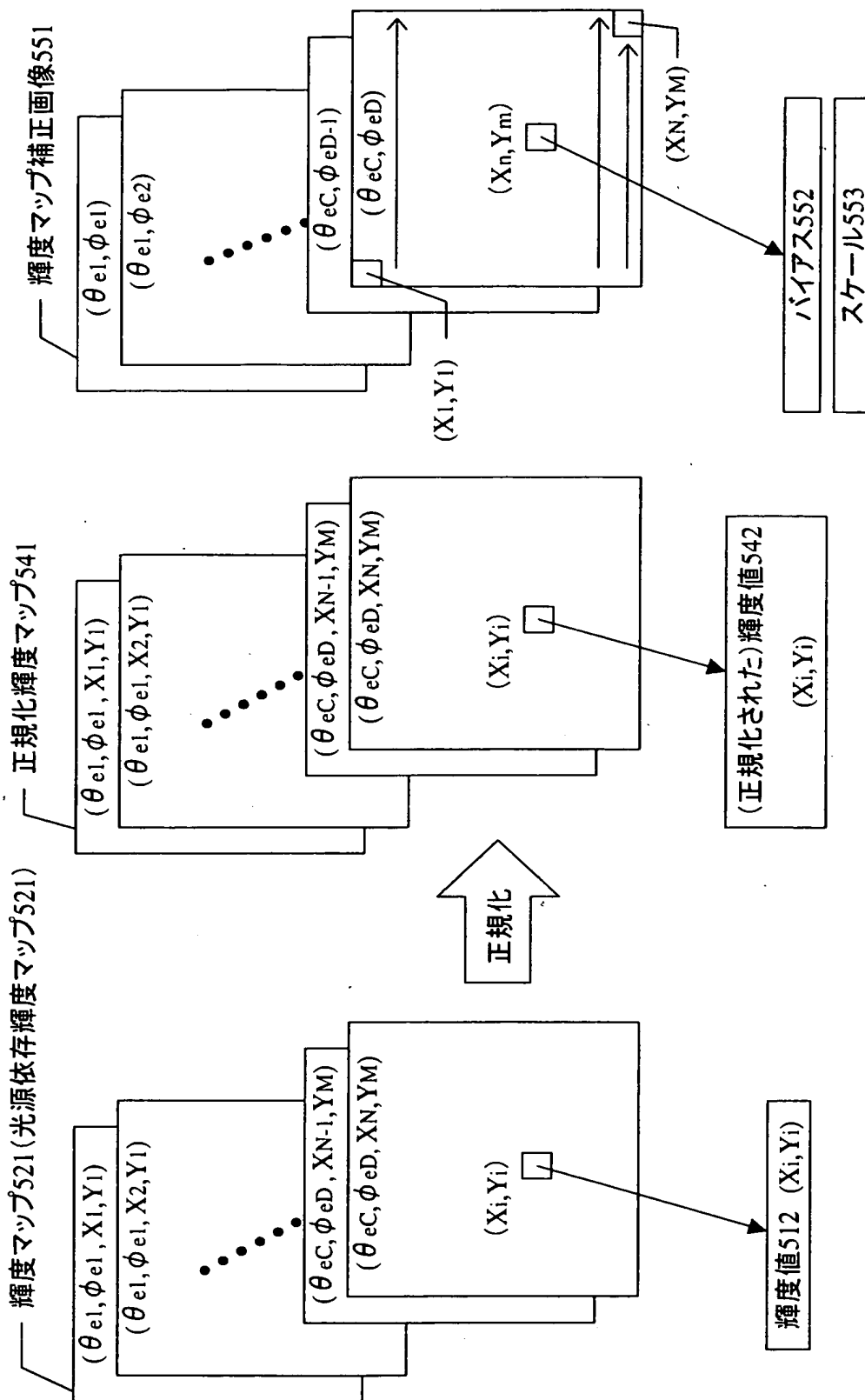




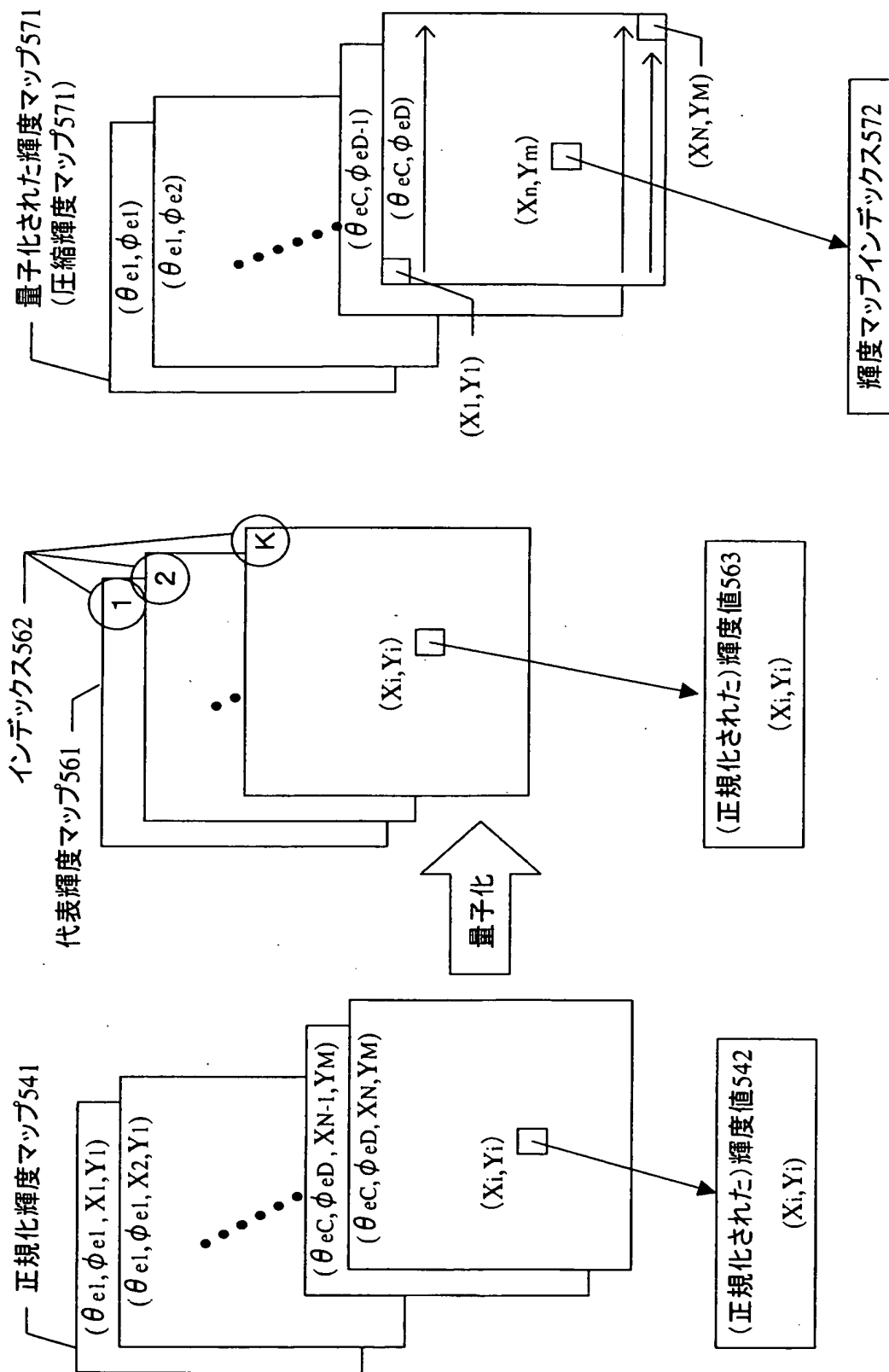
【図 6】



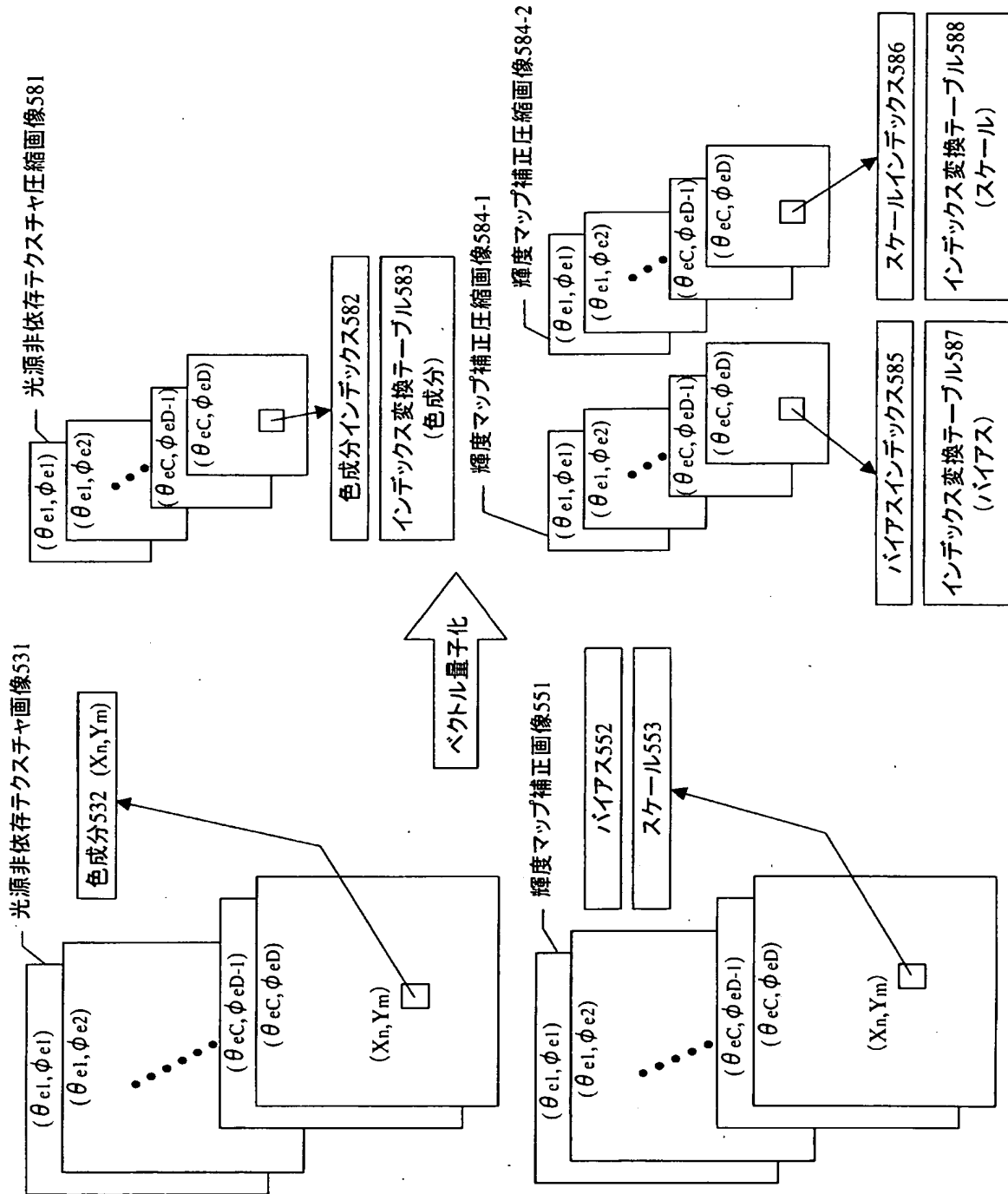
【図 7】



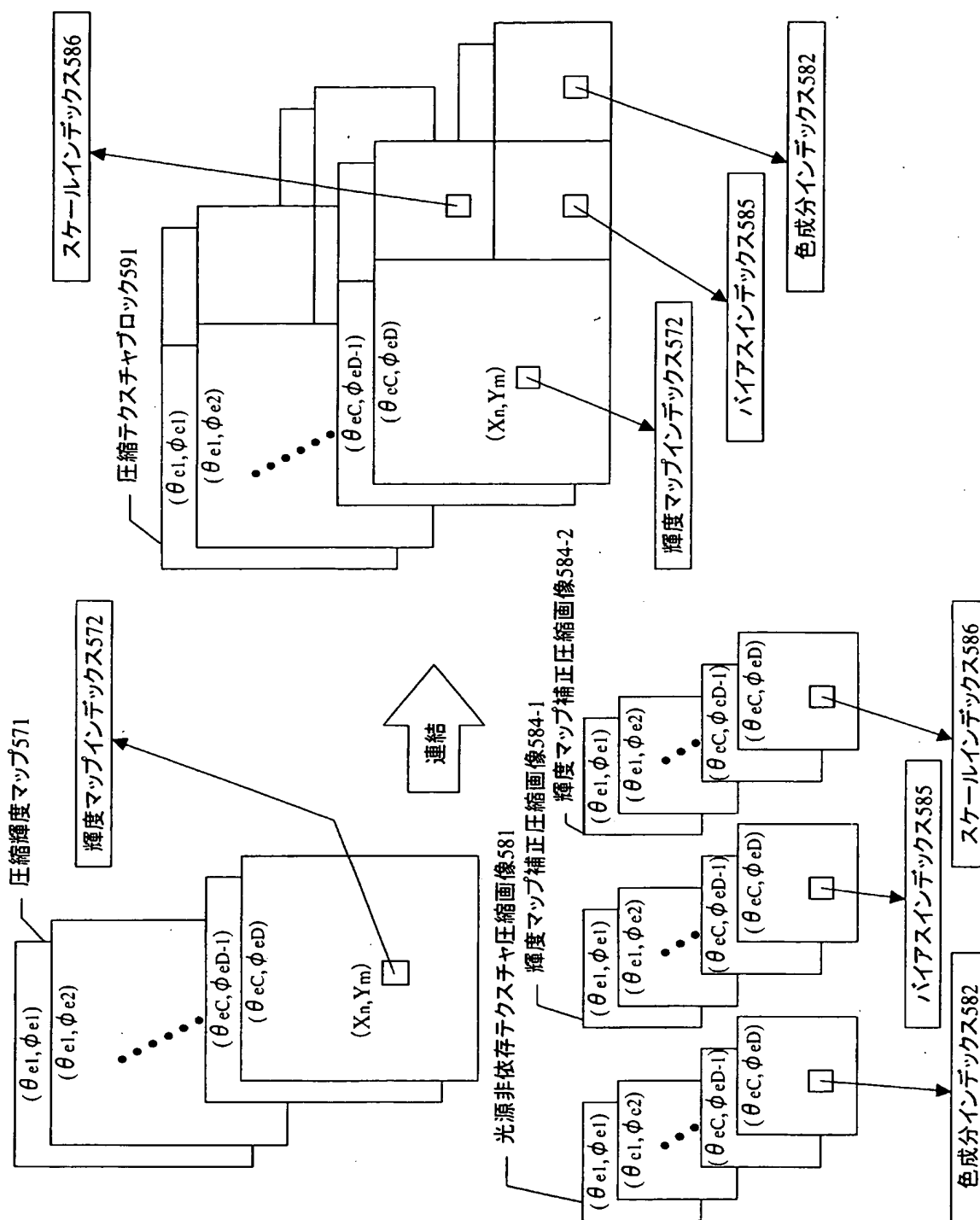
【図 8】



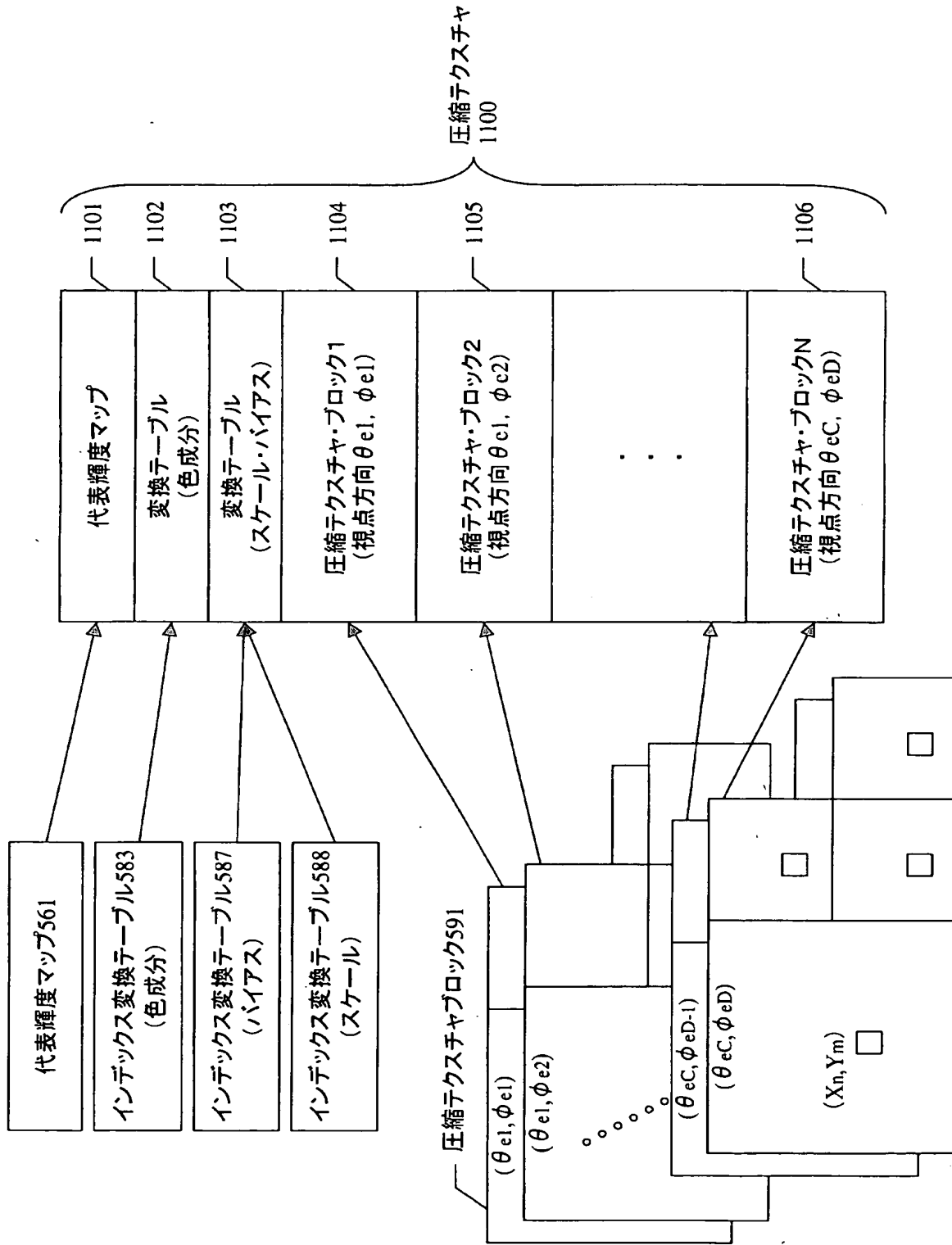
【図 9】



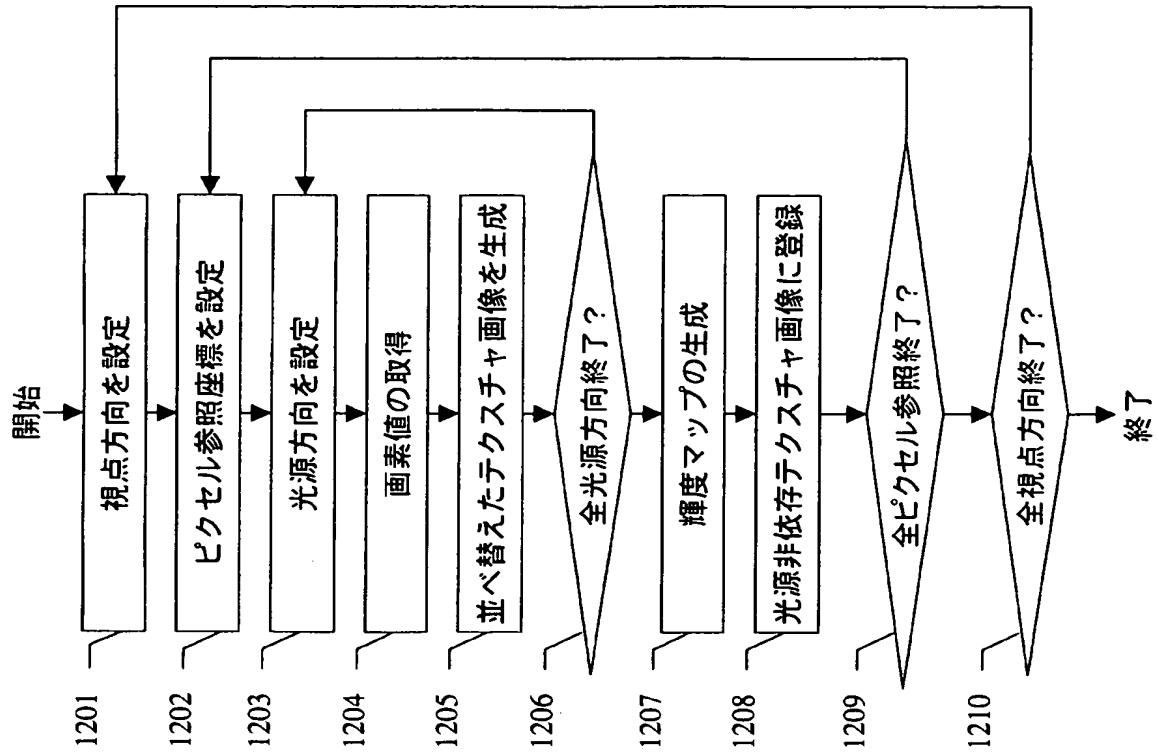
【図 10】



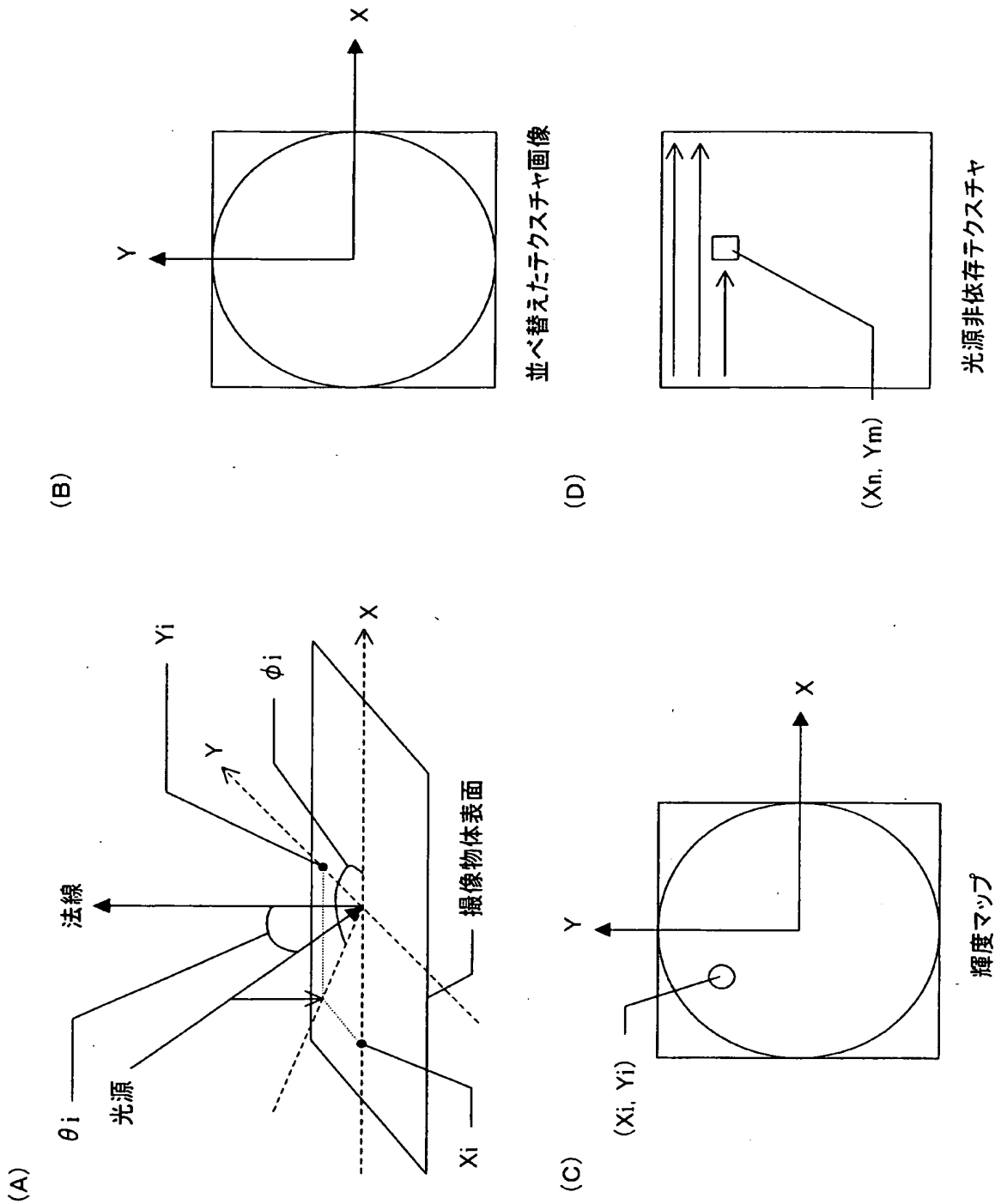
【図 11】



【図 12】

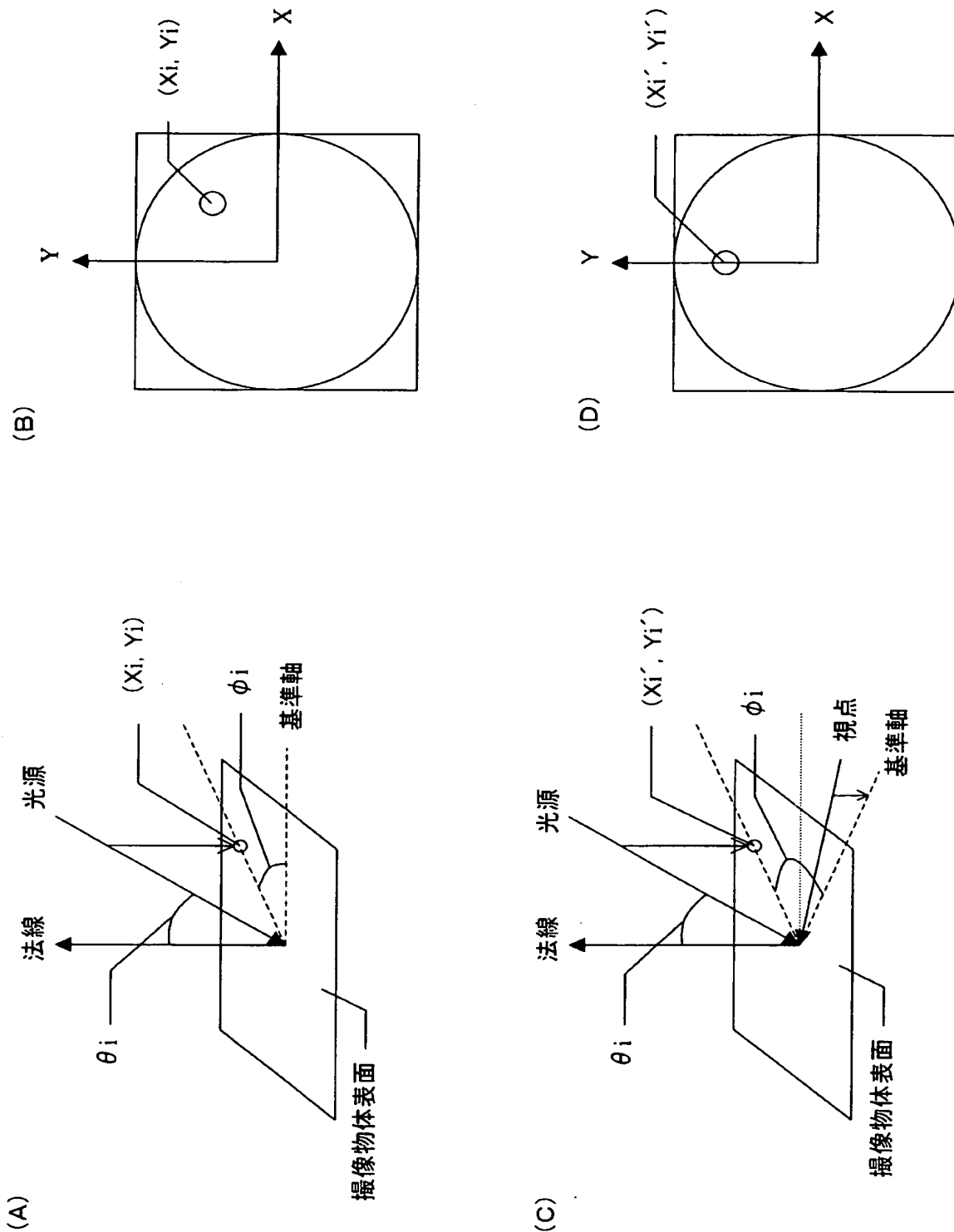


【図 13】

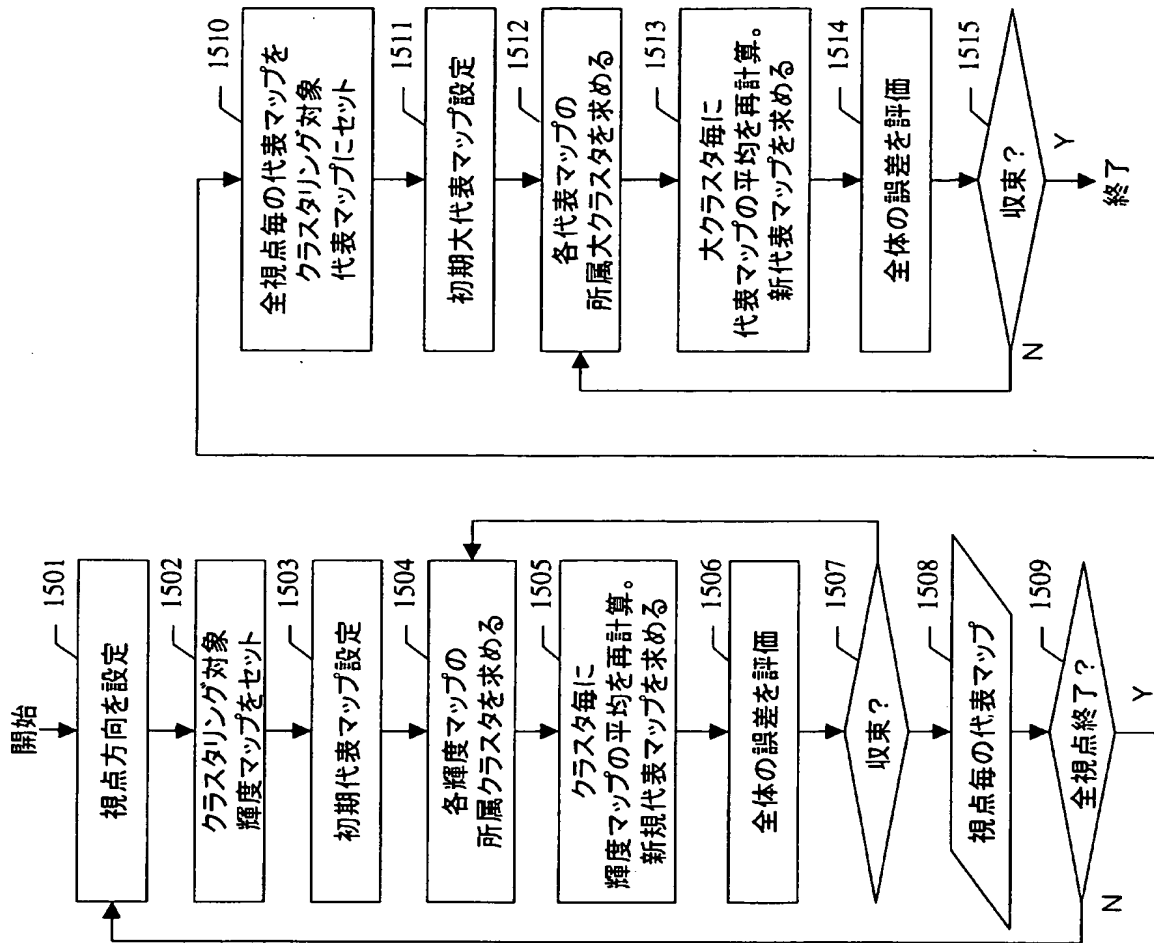




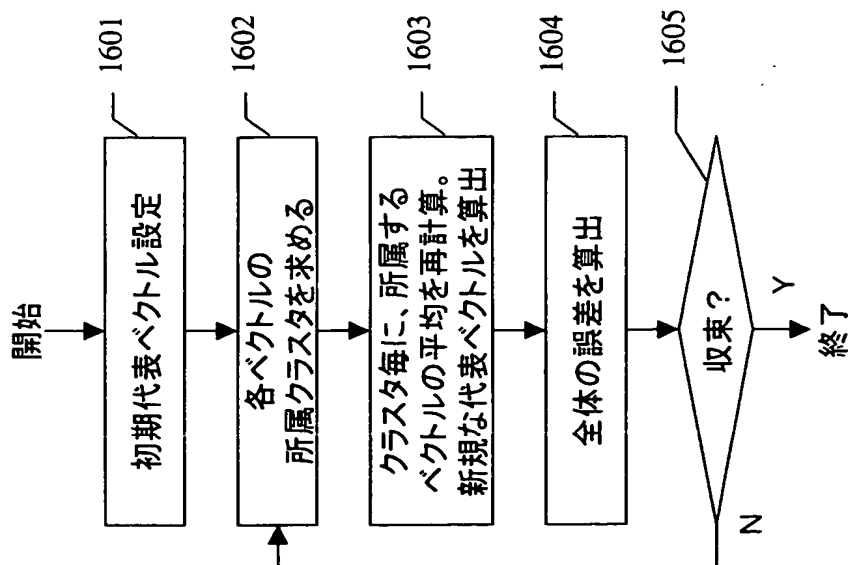
【図 14】



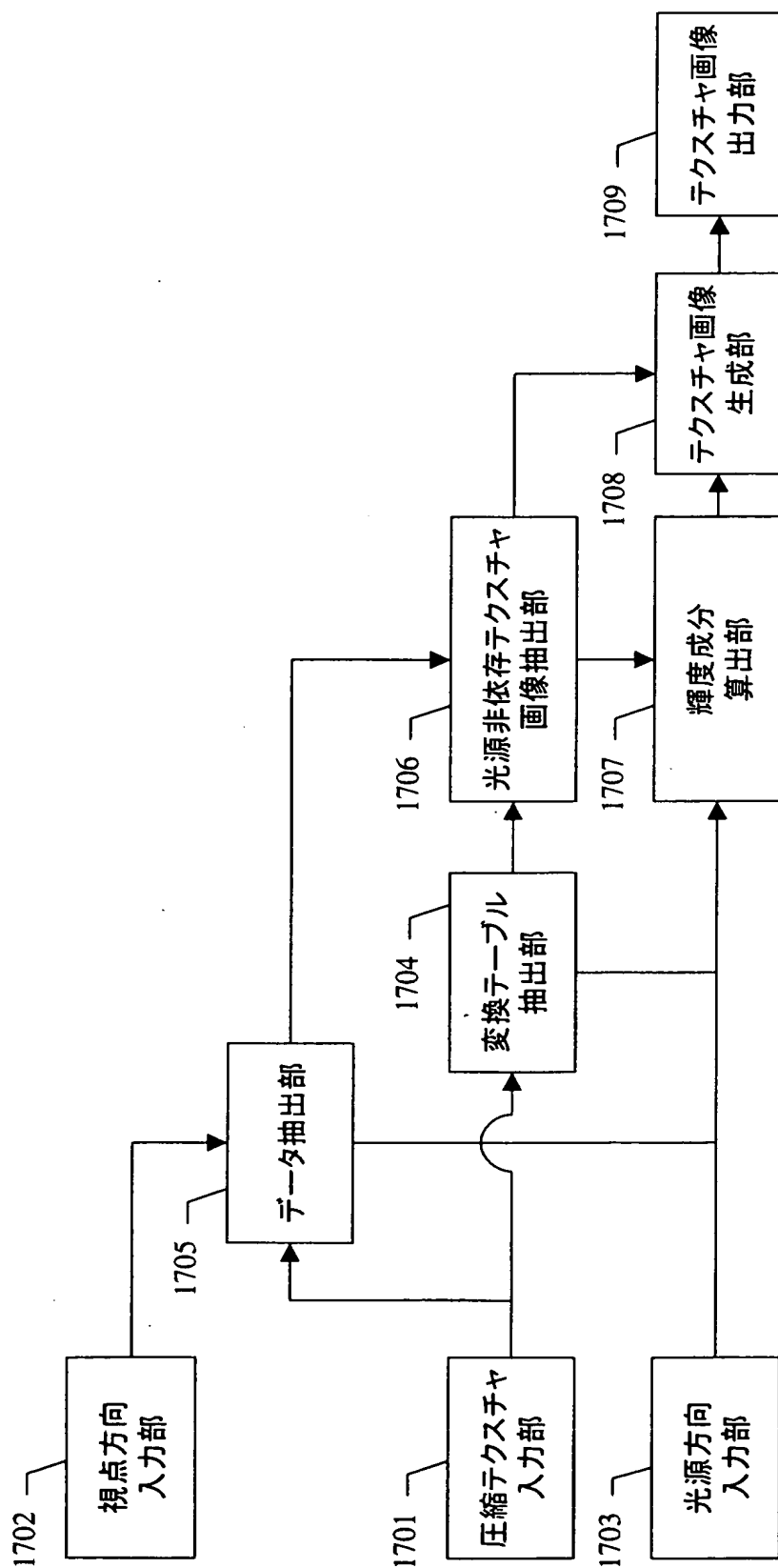
【図 15】



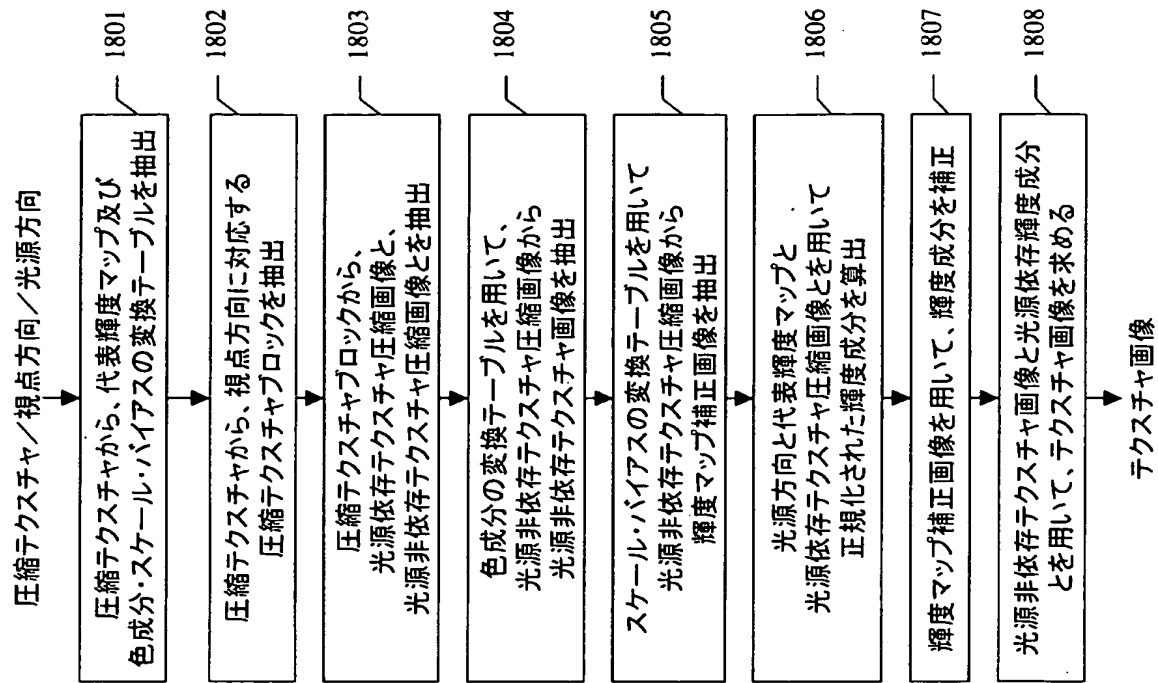
【図 16】



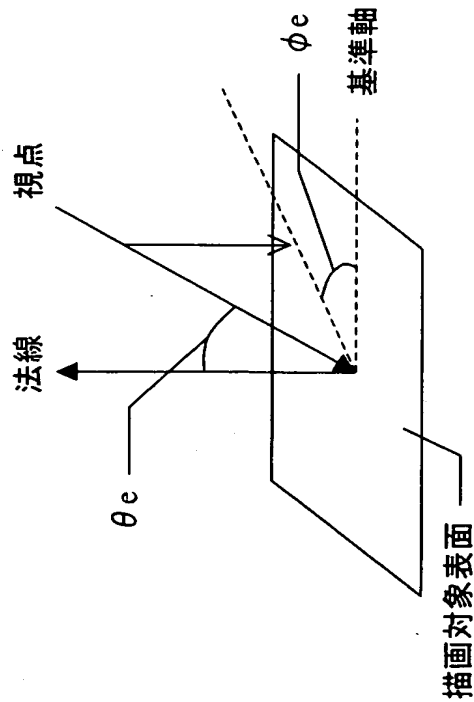
【図 17】



【図 18】



【図 19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 視点方向及び光源方向に応じて変化するテクスチャ画像を圧縮して少ないデータ量で保持する。

【解決手段】 複数の視点方向及び複数の光源方向について取得したテクスチャ画像を光源非依存テクスチャ画像と輝度マップとに分離する分離部102と、輝度マップを正規化して正規化輝度マップと輝度マップ補正画像とを生成する正規化部104と、正規化輝度マップを圧縮する輝度マップ圧縮部106と、輝度マップ補正画像を圧縮する輝度マップ補正画像圧縮部105と、光源非依存テクスチャ画像を圧縮する光源非依存テクスチャ画像圧縮部103と、圧縮して得られる圧縮輝度マップ、輝度マップ補正圧縮画像、光源非依存テクスチャ画像、色成分変換テーブル、補正画像変換テーブル、及び、代表輝度マップを連結して圧縮テクスチャを生成する多重化部107とを備える。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-021423
受付番号	50300144489
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成15年 1月31日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成15年 1月30日

次頁無

特願 2003-021423

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[000003078]

1. 変更年月日      2001年   7月   2日  
    [変更理由]      住所変更  
                    住   所      東京都港区芝浦一丁目1番1号  
                    氏   名      株式会社東芝
  
2. 変更年月日      2003年   5月   9日  
    [変更理由]      名称変更  
                    住所変更  
                    住   所      東京都港区芝浦一丁目1番1号  
                    氏   名      株式会社東芝